



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkölaboratorion digitaalisen oppimateriaalin tuotanto

Jarno Perälä

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

PERÄLÄ, JARNO:

Sähkölaboratorion digitaalisen oppimateriaalin tuotanto

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2016

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa digitaalista oppimateriaalia Tampereen ammattikorkeakoulussa olevaan sähkölaboratorioon. Digitaalisella oppimateriaalilla tarkoitetaan tässä kirjallista työtä sekä internetiin laitettavia opetusvideoita. Työssä saatiin toteutettua halutut opetusvideot, ja näin tulevaisuudessa Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion opettajat ja opiskelijat voivat käyttää niitä hyödykseen.

Opettajien toiveesta työssä kuvattiin laboratoriossa käytettävien mittalaitteiden käyttämisestä, mittauskytkennän tekemistä sekä suurjännitelaboratoriossa työskentelyä. Opinnäytetyössä perehdyttiin mittalaitteista oskilloskooppien, yleismittareiden, analogiseen teho mittariin ja suurjännitelaboratorion mittaus- ja ohjauslaitteiston toimintaan. Kytkennöistä opetusvideossa esitettiin oikeat työskentelyjärjestykset sekä turvalliset työskentelytavat. Suurjännitelaboratorion opetusvideossa perehdyttiin oikean työmaadoituksen tekemiseen ja poistamiseen suurjännitekytkennästä.

Opetusvideot kuvattiin Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion tiloissa. Opetusvideoiden kuvausten jälkeen videoita käsiteltiin videonmuokkausohjelmalla. Lisäksi videoihin nauhoitettiin jälkikäteen kerronta, jonka pohjana toimii opinnäytetyöhön tuotettu lähteisiin perustuva teksti. Videoissa pyrittiin pitämään selkeät kuvakulmat ja videot mahdollisimman helposti ymmärrettävänä, jotta asia pysyisi videon katselijalle selkeänä. Opinnäytetyön tekstiosuudessa on esitelty videoiden tärkeimpiä kohtia ja tarkentavia asioita.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

PERÄLÄ, JARNO:

Production of Digital Learning Material for Electrical Laboratory

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 0 pages
May 2016

The purpose of this bachelor's thesis was to produce digital learning material for Electrical laboratory at Tampere University of Applied Sciences. Digital learning material included text and video documents, which are uploaded onto the Internet. These materials will be available to both lecturers and students.

The digital learning materials are about the use of measuring devices in laboratory, making measurement circuit and how to work in high voltage laboratory. Measuring devices included oscilloscopes, multimeters, analog power meter and high voltage laboratory's measurement and controlling device. The Videos mainly focuses on the right working order and safe methods in measurement circuit. High voltage laboratory learning video focused on making and removing temporary earth to high voltage circuit.

The videos were filmed in Electrical laboratory at Tampere University of Applied Sciences. They were filmed from clear angles to make them as easy to understand as possible. After filming, the videos went through cut, editing and over recording with commentary based on theories used in this thesis. In this Bachelor's thesis text parts point was to give explanation to the main points of the video material.

Key words: learning material, electrical laboratory

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TEORIA	8
2.1	Kondensaattori	8
2.2	RC-piirin muutosilmiö	10
2.3	Sarjaresonanssi.....	13
3	MITTALAITTEET JA KYTKENNÄT	17
3.1	Oskilloskooppien käyttö	17
3.1.1	Kytkenät	17
3.1.2	Agilent DSO1012A.....	19
3.1.3	Fluke 123 Scopemeter.....	22
3.2	Yksivaihekytkentä	24
3.2.1	RLC-kytkentä.....	24
3.2.2	Yleismittarit	26
3.2.3	Analoginen tehomittari.....	26
3.3	Suurjännitelaitteiston ohjaus- ja mittauslaitteisto	28
4	VIDEOINTILAITTEET JA OHJELMISTOT	29
4.1	Kuvaus- ja äänityslaite.....	29
4.1.1	Sony HANDYCAM.....	29
4.1.2	Razer Kraken USB.....	30
4.2	Ohjelmistot.....	30
4.2.1	FlashBack Express 5	31
4.2.2	Audacity	31
4.2.3	DaVinci Resolve 12	32
5	OSKILLOSKOOPPIEN KÄYTTÖ	34
5.1	Agilent oskilloskooppi.....	34
5.1.1	Peruskäyttö.....	34
5.1.2	Soveltava käyttö	36
5.2	Fluke 123 oskilloskooppi.....	38
5.2.1	Peruskäyttö.....	38
5.2.2	Soveltava käyttö	39
5.3	Teoriaan vertailu	40
6	YKSIVAIHEINEN KYTKENTÄ.....	45
6.1	Kytkenän tekeminen	45
6.2	Teoriaan vertailu	50
7	SUURJÄNNITELABORATORIO	53
7.1	Työmaadoitus.....	53

7.1.1 Työmaadoituksen tekeminen	54
7.1.2 Työmaadoituksen poistaminen.....	57
7.2 Ohjaus- ja mittalaitteisto	58
7.2.1 Mittauslaitteisto.....	58
7.2.2 Ohjauslaitteisto.....	59
7.3 Oskilloskooppi	61
8 POHDINTA.....	62
LÄHTEET.....	64

LYHENTEET JA TERMIT

E	sähkökentän voimakkuus, V/m
C	kondensaattorin kapasitanssi, F
Q	kondensaattorin varaus, Q
R	vastuksen resistanssi, Ω
τ	aikavakio, s
X_L	kelan reaktanssi, Ω
X_C	kondensaattorin reaktanssi, Ω
Z	kytkennän impedanssi, Ω
e	Neperin luku

1 JOHDANTO

Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion tiloissa tehdään monenlaisia mittauksia sekä käytetään erilaisia mittalaitteita. Opiskelijoilla on paljon muistettavaa mittalaitteiden ja kytkentöjen tekemisestä, että useimmilla voi unohtua nopeasti miten jokin tietty mittalaite esimerkiksi toimii. Lisäksi laboratorio työskentely tehostuu, kun opiskelijalla ovat kyseiset asiat valmiiksi hallinnassa. Opetuksen avuksi hyvä vaihtoehto on opetusvideoiden tekeminen. Opetusvideoiden avulla opiskelijat pystyvät opiskelemaan mahdollisesti unohtuneen asian uudestaan. Myös opettajat pystyvät käyttämään hyödyksi laboratorioon valmistavissa tehtävissä opetusvideoita.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorioon liittyviä oppimateriaaleja digitaalisessa muodossa. Digitaalinen oppimateriaali käsittelee opinnäytetyön muodossa tekstiä ja internetiin laitettavista opetusvideoista. Tavoitteena oli tuottaa laadukkaita opetusvideoita joita sähkölaboratorion opettajat voivat käyttää opettamiseen ja opiskelijat pystyvät hyödyntämään niitä opiskelussaan.

Tässä opinnäytetyössä avataan videoiden sisältöä sekä kerrotaan hieman tarkemmin videoiden tärkeimmistä asioista. Lisäksi työssä pyritään osoittamaan teorian pohjalta videoiden oikeellisuus. Aihealueina oli oskilloskooppien käyttäminen, yksivaihekytkennän tekeminen ja suurjännitelaboratoriossa työskentely. Työn alussa on esitetty teoriaa mittauksille ja esitelty mittauksessa käytettyjä mittavälineitä sekä tehtyjä kytkentöjä. Näiden lisäksi esiteltiin videoiden luomiseen käytettyjä työvälineitä. Lopuksi on esitelty kolmen aihealueen videoiden tekemistä sekä verrattu videoiden tuloksia teoriassa kerrottuihin asioihin. Työn tuloksena syntyi yhteensä kahdeksan videota, joita voidaan käyttää hyödyksi Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa.

2 TEORIA

Oskilloskooppien opetusvideoissa tehtiin RC-sarjapiiri, jossa tapahtui kondensaattorin aiheuttama muutosilmiö. Yksivaihekytkennässä tehtiin RLC-sarjapiiri, jossa tapahtui kondensaattorin ja kelan aiheuttama sarjaresonanssi. Tässä kappaleessa perehdytään näihin kahteen sähkötekniikkaan liittyviin ilmiöihin ja niiden taustoihin.

2.1 Kondensaattori

Kondensaattori on passiivinen sähkökomponentti, joka pystyy varaamaan ulkoisesta jännitelähteestä energiaa sähkökenttäänsä. Ensimmäinen kondensaattorin tapainen komponentti kehitettiin 1740-luvulla Ewald Georg von Kleistin toimesta. Kleist halusi kokeissaan varastoida sähköä lasipulloon joka oli täynnä elohopeaa. Lasipulloon tuotiin sähköä pitkän naulan avulla. Kokeiden aikana Kleistin huomasi, että eristeen päällä oleva lasipullo ei toiminut vaan hänen ottaessaan lasipullon käteensä muodosti pullo kipinöitä. Kokeiden aikana Kleistin koskiessa toisella kädellä pullossa olevaan naulaan sai hän voimakkaan sähköiskun. (Lindell 2009, s 54–57)

Samaan aikaan kokeita tehtiin myös Hollannissa Leydenin yliopistossa professori Musschenbroekin toimesta. Hollannissa tehtyjen kokeiden mukaan sai ensimmäinen kondensaattori nimekseen Leydenin pullo. Seuraavien vuosien aikana pulloa kehitettiin eteenpäin. Aluksi huomattiin, että pulloa ei tarvinnut pitää kädessä, jos se asetettiin metallilevyn päälle ja sitä kosketettiin. Lopullisen Leydenin pullon muodon keksi John Bevis ja William Watson, jotka keksivät päällystää pullon sisä- ja ulkopinnan tinapaperilla sekä sisäpintaan kiinnitettiin elektrodijohto. Leydenin pullo oli myös ensimmäinen paristo. (Lindell 2009, s 54–57)

Kuten Leydenin pullo muodostuu myös nykyisin käytetty kondensaattori kahdesta elektrodilevystä ja niiden välillä olevasta eristeestä. Kondensaattorin toiminta perustuu positiivisesti ja negatiivisesti varautuneiden elektrodilevyjen välille muodostuvaan sähkökenttään. Levyt muodostavat sähkökentän kun kondensaattori kytketään ulkoiseen jännitelähteeseen. Sähkökenttään varastoituu tällöin jännitelähteestä saatava energia. Syntyvän sähkökentän voimakkuus E voidaan laskea seuraavalla kaavalla, jossa U on levyjen

välinen jännite ja l levyjen välinen etäisyys. (Aura & Tonteri 2009, 25). (Hietalahti 2004, 25.)

$$E = \frac{U}{l} \quad (1)$$

Levyjen välillä oleva eristemateriaali pitää levyt galvaanisesti erotettuina eli niillä ei ole johtavaa yhteyttä. Eristeen puuttuessa tai pettäessä levyt saavat yhteyden toisiinsa ja kondensaattori käyttäytyy tällöin kuten normaali johdin. Eristemateriaalin jännitteenkestoon vaikuttaa sen paksuus ja dielektrinen lujuus eli kuinka suurella jännitteellä eristemateriaalille tapahtuu läpilyönti. (Hietalahti & Tarkka 2004, 26.)

Kondensaattorien ollessa kytkettyyn jännitelähteeseen muodostuu kondensaattorin elektrodilevyihin sähkövaraus Q , joka on suoraan verrannollinen kondensaattorin yli olevaan jännitteeseen. Näiden kahden suhdetta kutsutaan kapasitanssiksi C eli kondensaattorin varautumiskyvyksi. Kapasitanssin suuruuteen vaikuttavat kondensaattorin levyjen pinta-ala sekä etäisyys toisistaan ja eristemateriaalin ominaisuudet. Kapasitanssi voidaan laskea sähkövarauksen ja jännitteen avulla seuraavasti (Hietalahti & Tarkka 2004, 24).

$$C = \frac{Q}{U} \quad (2)$$

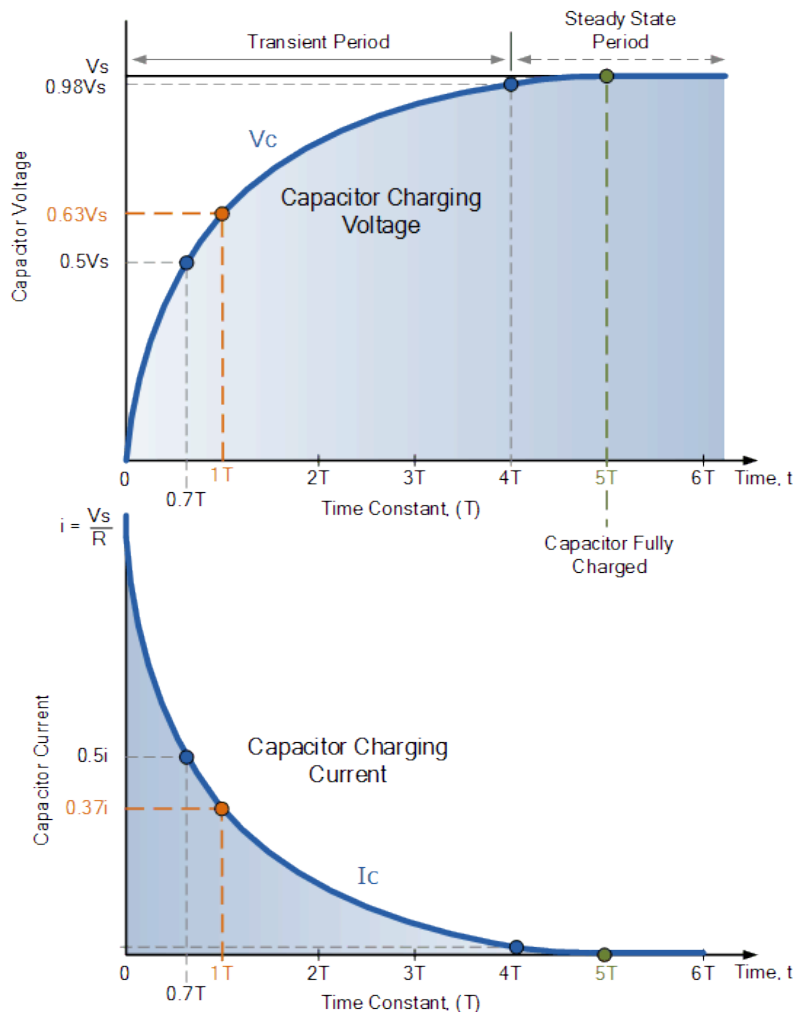
Jossa C on kondensaattorin kapasitanssi, Q kondensaattorin varaus ja U kondensaattorin yli oleva jännite. Kapasitanssin yksikkö on faradi F , joka kuvaa kondensaattoria joka varaa yhden voltin jännitteellä yhden coulombin sähkövarauksen. (Aura & Tonteri 2009, 25.)

Kondensaattoria voidaan käyttää tasasähköpiirissä sähkönlähteenä, joita voidaan käyttää esimerkiksi hätäsähkölähteenä vikatilanteissa. Lisäksi kondensaattoria käytetään elektronikkapiireissä suodattamaan jännitepiikkejä pois, erottamaan tasa- ja vaihtojännitteet, eritaajuisten vaihtovirtojen jakamiseen ja aikahidastuksen tekemiseen. Kondensaattorilla voidaan tehdä vaihtosähköpiireissä suodattimia, jolla voidaan esimerkiksi suodattaa kanta-aallosta korkeita tai matalia taajuuksia riippuen kytkennästä. Kondensaattorilla voidaan sähkövoimatekniikassa kompensoida loistehoa, jota induktanssilla toimivat muuntajat ja sähkömoottorit aiheuttavat verkossa. (Ahoranta 2015, 116.)

2.2 RC-piirin muutosilmiö

Muutosilmiö kuvaa piirissä tai verkossa tapahtuvaa energiatilan muutosta alkutilasta uuteen lopputilaan. Muutosilmiö voi aiheutua kytkennässä kytkimen avautumisesta tai sulkeutumisesta, verkossa ulkopuolisesta häiriöstä tai vikatilanteesta kuten oikosulusta tai maasulusta. Muutosilmiö ilmenee kytkennässä eritavoin riippuen kytkennässä käytettävistä komponenteista sekä onko kytkennässä tai verkossa oleva sähkö tasa- vai vaihtosähköä. (Hietalahti, Tarkka 2004.)

RC-tasasähköpiiri koostuu vastuksen ja kondensaattorin sarjakytkennästä (KUVA 6). Tasasähköpiirissä kondensaattori aiheuttaa, kytkimen mennessä kiinni, kytkentäilmiön piiriin. Kytkentäilmiö johtuu kondensaattorin sähkökentän varautumisesta. Tällöin kondensaattori hidastaa jännitteen kasvua kytkennässä, jonka takia kytkennän jännite ja virta käyttäytyvät kuvan 1 mukaisesti (Electronics Tutorials 2016).



KUVA 1. Kondensaattorin aiheuttaman muutosilmiö jännitteelle ja virralle kytkentätilanteessa (Electronics Tutorials 2016)

Kuvassa 1 kondensaattorin jännitekäyrä on esitetty ylhäällä ja virrankäyrä alempana. Tasajännitepiirissä kytkimen mennessä kiinni kulkee piirissä hetkellisesti maksimivirta (KUVA 1). Kondensaattori vaikuttaa aluksi olevan oikosulussa ja piirissä kulkee tällöin vastuksen rajoittava virta. Kondensaattorin alkaessa varautumaan, piiri katkeaa ja kytkennän virta alkaa laskea nollaa kohti (KUVA 1). Piirissä kulkevan virran arvo voidaan laskea käyttämällä ohminlakia (Kaava 3). (Electronics Tutorials 2016)

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

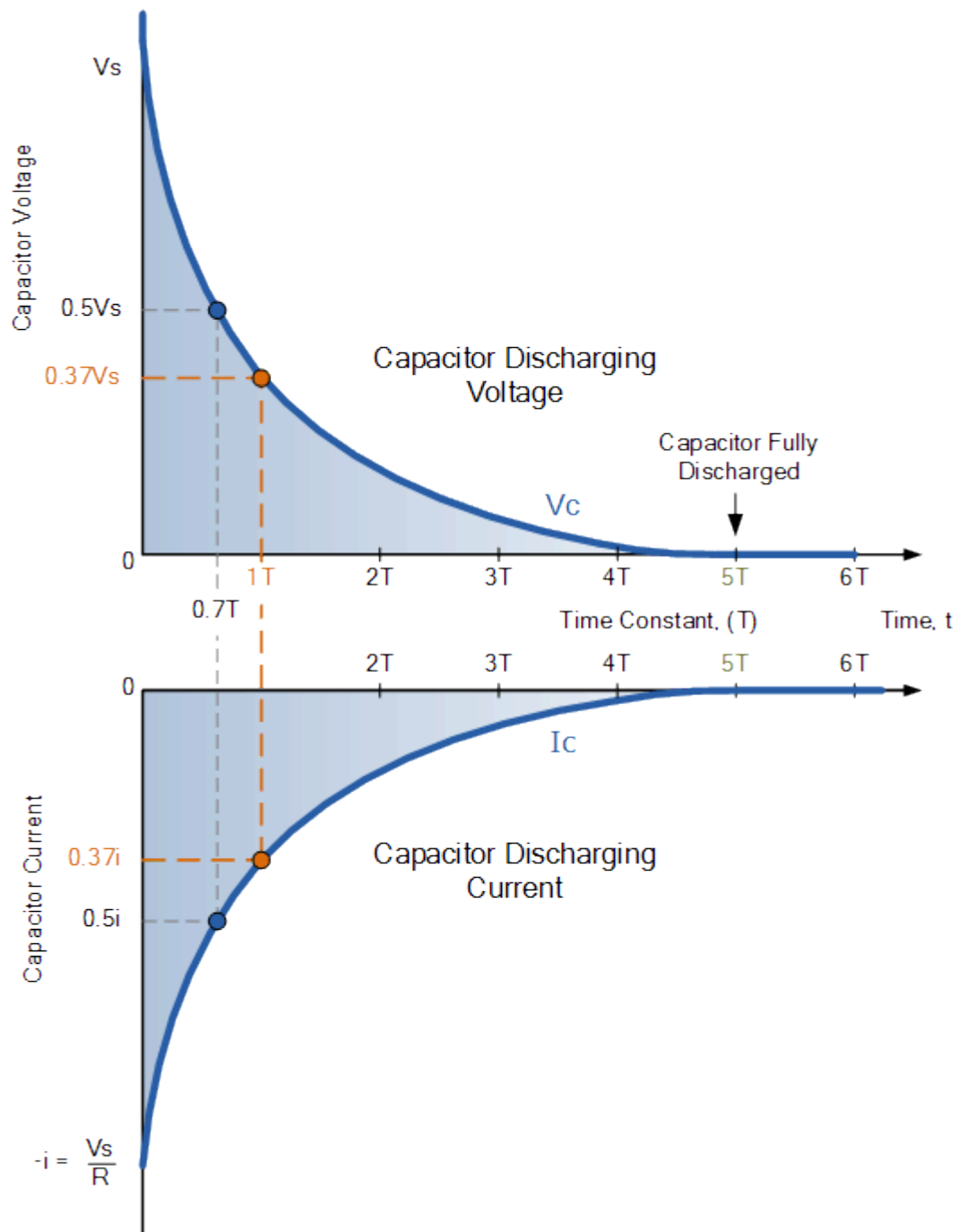
Jossa U on kytkennän jännite ja R kytkennän resistanssi. Kuvasta 1 voidaan nähdä kuinka kondensaattorin jännite kasvaa ulkoisen jännitelähteen lopulliseen arvoon tietyn ajan kuluessa kytkentätilanteessa. Jännitekäyrän (KUVA 1) kasvunopeuteen vaikuttavat kondensaattorin kapasitanssi ja resistanssi. Kyseistä kasvunopeutta eli muutosnopeutta kutsutaan aikavakioksi τ . Aikavakio kuvaa aikaa mikä kuluu jännitteeltä saavuttaa 63 % lopullisesta arvostaan U_c kytkentätilanteessa (KUVA 1). Kytkentätilanteessa virralle aikavakio kuvaa kulunutta aikaa, jolloin virta on purkautunut 37 % alkuarvostaan. Kytkentätilanteessa (KUVA 1) jännite saavuttaa lopullisen arvonsa noin viiden aikavakion eli 5τ kulluttua. Aikavakio voidaan laskea kondensaattorille kaavalla 4. (Hietalahti, Tarkka 2004, 128–134.)

$$\tau = RC \quad (4)$$

Jossa C on kondensaattorin kapasitanssi ja R kondensaattorin resistanssi. Yleisesti tasasähköpiirissä kondensaattorin kanssa kytketään sarjaan vastus, jolloin kaavassa 4 oleva R on kytkennän vastuksen resistanssi. Kaavasta neljä voidaan päätellä, että mitä suurempi aikavakio on sitä kauemmin jännitteellä kestää saavuttaa lopullisen arvonsa. Kondensaattorin jännitekäyrästä voidaan laskea kytkentätilanteessa tietyllä ajanhetkellä kondensaattorin jännitteenarvo U_c kun tiedetään kytkennän aikavakio (KAAVA 5) (Electronics Tutorials 2016).

$$U_c = U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (5)$$

Jossa U on kytkennän jännitelähteen jännite, t tutkittava ajanhetki ja τ kytkennän aikavakio. Kaavaa 5 voi käyttää ainoastaan, jos kondensaattorin jännite on ennen kytkeytymistä nollassa. Avattaessa piirin kytkimen alkaa kondensaattori purkamaan varaamansa jännitettä. Samalla piirissä alkaa kulkemaan kondensaattorin purkausjännitteen aiheuttama virta, joka kulkee päinvastaiseen suuntaan kytkennän alkuperäiseen virtaan nähden (KUVA 2). (Electronics Tutorials 2016)



KUVA 2 Kondensaattorin aiheuttama jännitteen ja virran käyttäytyminen katkaisussa tilanteessa (Electronics Tutorials 2016)

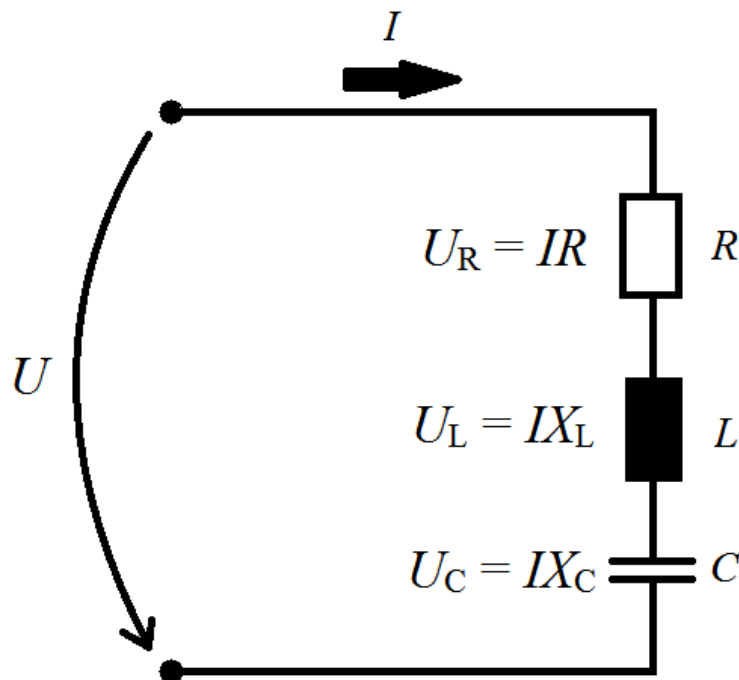
Kuvasta 2 voidaan nähdä purkaustilanteen jännitteen- ja virrankäyrät. Purkaustilanteessa aikavakio kuvaa aikaa jossa kondensaattorin jännite on laskenut 37 % maksimijännitteestään. Sama pätee myös virran aikavakiolle purkaustilanteessa. Kytkennän katkaisu tilanteessa kondensaattorille voidaan laskea tietyllä ajanhetkellä jännite seuraavalla kaavalla 6. (Electronics Tutorials 2016)

$$U_C = U_{C_0} e^{-t/\tau} \quad (6)$$

Jossa U_{C_0} on kondensaattorin jännite ennen katkaisun tapahtumista.

2.3 Sarjaresonanssi

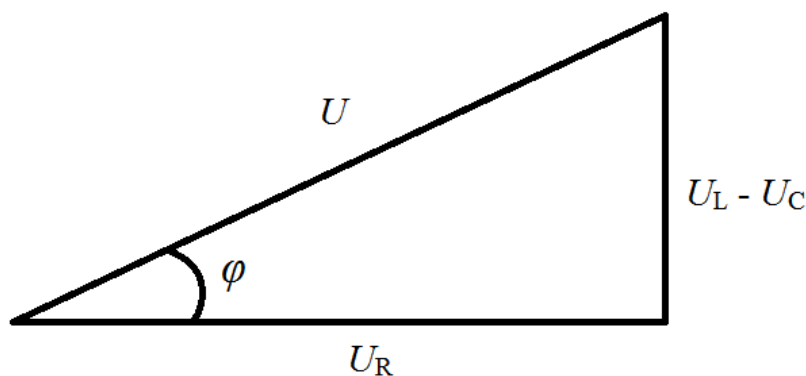
Vaihtosähköpiirissä, jossa vastus, kela ja kondensaattori on kytketty sarjaan, muodostuu jokaiselle komponentille oma jännite virran ollessa I suuruinen. Kyseiselle vaihtosähköpiirille voidaan muodostaa piirikaavio, jossa on esitetty komponenttien yli olevat jännitteet virran ollessa suuruudeltaan I (KUVA 3). (Aura & Tonteri 2009, 181–196.)



KUVA 3 Kondensaattorin, kelan ja vastuksen sarjakytkentä (Aura & Tonteri 2009, 181.)

Kuvassa 3 on esitetty kolmen komponentin yli olevat jännitteet ja niiden muodostuminen. Kuvassa 3 U_R on vastuksen yli oleva jännite, U_L kelan yli oleva jännite ja U_C kondensaattorin yli oleva jännite. Kuten aikaisemmin mainittiin vaikuttaa jokaisen komponentin läpi sama virta I .

Sarjakytken­nän komponenttien (KUVA 3) jännitteistä voidaan muodostaa jännitekolmio (KUVA 4). Jännitekolmiossa vastuksen yli oleva jännite U_R asetetaan vaakasuoraan kytken­nän virran I kanssa, koska näiden välinen vaihekulma φ on nolla. Pysty­akselille muodostuu kondensaattorin ja kelan jännitteiden erotus. Kondensaattorin jännitteen vaihe­kulma on virtaan nähden 90 astetta jäljessä, ja kelan jännite on taas 90 astetta virtaa edellä. Tällöin hypotenuusalle muodostuu kytken­nän pääjännite ja vastuksen yli olevan jännitteen sekä pääjännitteen välille kytken­nän vaihesiirtokulma (KUVA 4). (Aura & Tonteri 2009, 181–196.)



KUVA 4 Vastuksen, kelan ja kondensaattorin sarjakytken­nän jännitekolmio

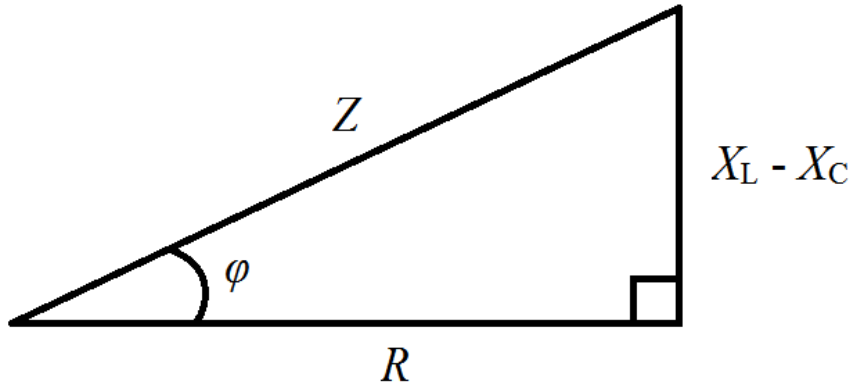
Kolmiossa (KUVA 4) oleva vaihesiirtokulma kuvaa pääjännitteen U ja virran I välistä vaihe-eroa. Jännitekolmiosta (KUVA 4) voidaan laskea pääjännite U suorakulmaisen kolmion hypotenuusan ratkaisukaavalla (KAAVA 7). (Aura & Tonteri 2009, 181–196)

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} \quad (7)$$

Vaihtosähköpiirissä voi olla resistanssin lisäksi kelan aiheuttamaa induktiivista ja kondensaattorin aiheuttamaa kapasitiivista vastusta eli reaktanssia. Kuvassa 3 voidaan nähdä kuinka, jokaisella komponentilla on oma vastustavavoima. Vaihtosähköpiirissä näiden kolmen yhteistä vastusta kutsutaan impedanssiksi. Impedanssi kuvaa vaihtosähköpiirille aiheutuvaa kokonaisvastusta. Kuvassa 3 olevien jännitteiden avulla voidaan kaava 7 muuttamalla muodostaa vaihtosähköpiirin sarjaimpedanssin laskukaava. (Aura & Tonteri 2009, 181–196.)

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (8)$$

Kuten jännitekolmiolle (KUVA 4) voidaan vastuksille piirtää vastuskolmio. Vastuskolmion sivuiksi muodostuvat impedanssi Z , reaktanssit X_L ja X_C sekä resistanssi R (KUVA 5).



KUVA 5. Resistanssin, induktanssin ja kapasitanssin muodostama vastuskolmio

Vastuskolmiosta (KUVA 5) kulma φ on tehokerroin. Tehokerroin kuvaa vaihtosähköpiirin pätötehon ja näennäistehon suhdetta. Tehokertoimen ollessa 1 kuluttaa ihanteellinen piiri kaiken tehon pätötehon. Todellisessa tilanteessa tehokerroin on alle 1, mikä johtuu piirissä aiheutuvista häviöistä. Kapasitiivinen ja induktiivinen reaktanssi aiheuttavat vaihtosähkökytkentään loistehoa, joka ilmenee tehokertoimen alenemisena. Kapasitiivisen reaktanssin ollessa suurempi, on kytkennän vaihekulma negatiivinen, ja induktiivisen ollessa suurempi, on vaihekulma positiivinen. Kondensaattorin ja kelan reaktanssien ollessa samat kumoavat ne toisiensa vaikutukset ja piirissä syntyy tällöin resonanssi tilanne. (Aura & Tonteri 2009, 181–196.)

Resonanssiipiirejä voi olla kahdenlaisia, sarjaresonanssi tai rinnakkaisresonanssi. Molemmista tapauksissa resonanssi syntyy, kun induktiivinen ja kapasitiivinen reaktanssi ovat samansuuruisia. (Aura 2009, 181–196.)

$$X_L = X_C \rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (9)$$

Kaavan 9 tilanteessa reaktanssit kumoavat toisensa, jolloin jännite ja virta ovat saman vaiheisia. Resonanssitaajuus f_r voidaan laskea sarjaresonanssi tapauksessa edellä mainitun (KAAVA 9) ehdon jälkeen (KAAVA 10).

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (10)$$

Jossa L on kelan induktanssi ja C kondensaattorin kapasitanssi. Sarjaresonanssissa kondensaattori ja kela kumoavat toistensa jännitteet ja tällöin kytkennässä vaikuttaa ainoastaan vastuksen R yli oleva jännite. Tästä tilanteesta johtuen piirin impedanssi Z saavuttaa minimi arvonsa, joten piirissä kulkeva virta I on suurimmillaan (KAAVA 11). (Aura & Tonteri 2009, 181–196.)

$$I_{max} = \frac{U}{R} = \frac{U}{Z_{min}} \quad (11)$$

Pieni resistanssi ja suuret kondensaattorin ja kelan reaktanssit voivat aiheuttaa sarjaresonanssissa vaaratilanteen, koska kytkennän virta voi nousta tilanteessa todella suureksi. Tällöin Kondensaattorin ja kelan yli olevat jännitteet voivat kasvaa jännitelähdettä suuremmille arvoille. (Aura & Tonteri 2009, 184.)

3 MITTALAITTEET JA KYTKENNÄT

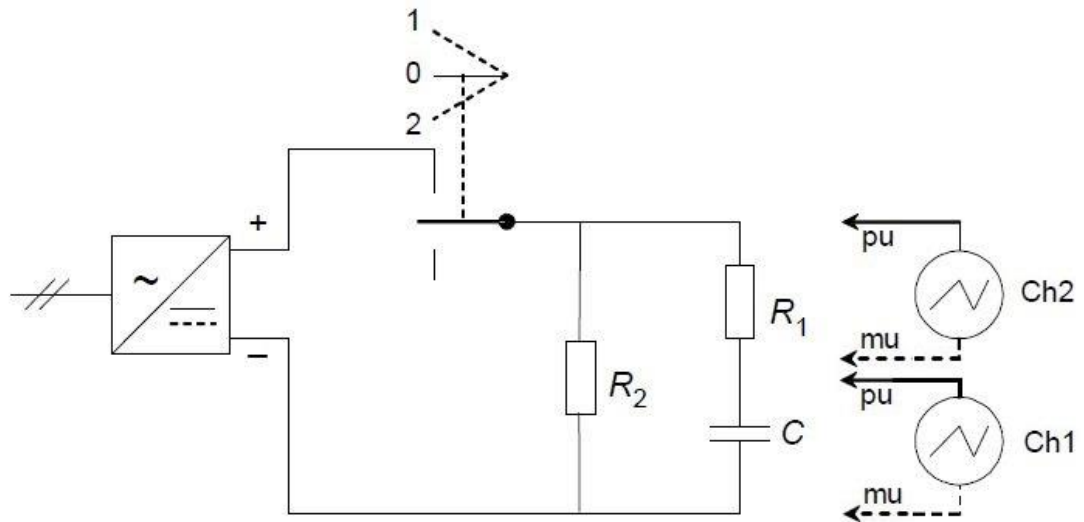
3.1 Oskilloskooppien käyttö

Ensimmäinen työssä tehty opetusmateriaali käsitteli oskilloskooppeja. Opetusvideoissa näytettiin Agilent DSO1012A (KUVA 8) ja Fluke 123 Scopemeterin (KUVA 10) käyttämistä. Oskilloskoopeille tehtiin kahdenlaiset kytkennät. Ensimmäisessä kytkennässä oskilloskooppi kytkettiin signaaligeneraattoriin ja toisessa osaksi RC-kytkentää (KUVA 6). Kytkentöjen avulla voitiin esitellä oskilloskoopin käyttämistä erilaisissa tilanteissa.

3.1.1 Kytken­nät

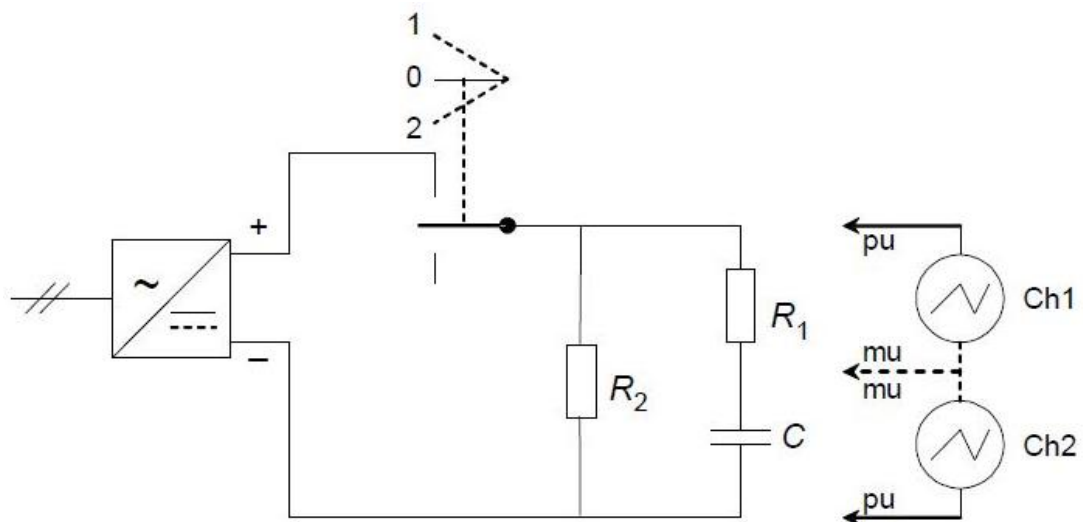
Ensimmäinen kytkentä käsitti oskilloskoopin kytkemisen signaaligeneraattoriin. Kytkennän avulla voitiin helposti näyttää oskilloskoopin eri ominaisuuksia. Agilent oskilloskooppi ja signaaligeneraattori kytkettiin toisiinsa koaksiaalikaapelilla. Fluke 123 ja signaaligeneraattori kytkettiin toisiinsa koaksiaalikaapelilla, jonka toisessa päässä oli banaaniliittimet. Kummassakaan tapauksissa kytkentä ei ollut videon pääosassa, mutta sillä saatiin helposti näytettyä kuinka oskilloskoopit toimivat.

Toinen video käsitti oskilloskoopin soveltavan käytön. Videossa oskilloskooppi oli kytketty tasasähkökytkentään, jossa mukana oli vastukset R_1 ja R_2 sekä kondensaattori C . Kytkentää syötettiin ulkoisella tasajännitelähteellä. Mittauskytkennän avulla oli tarkoitus tutkia oskilloskoopeilla kondensaattorin aiheuttamaa muutosilmiötä piirissä. Alla (KUVA 6) on esitetty videolla tehdyn mittauksen piirikaavio (Yli-Rämi 2014).



KUVA 6. Agilentille tehty RC-kytkennän piirikaavio (Yli-Rämi 2014)

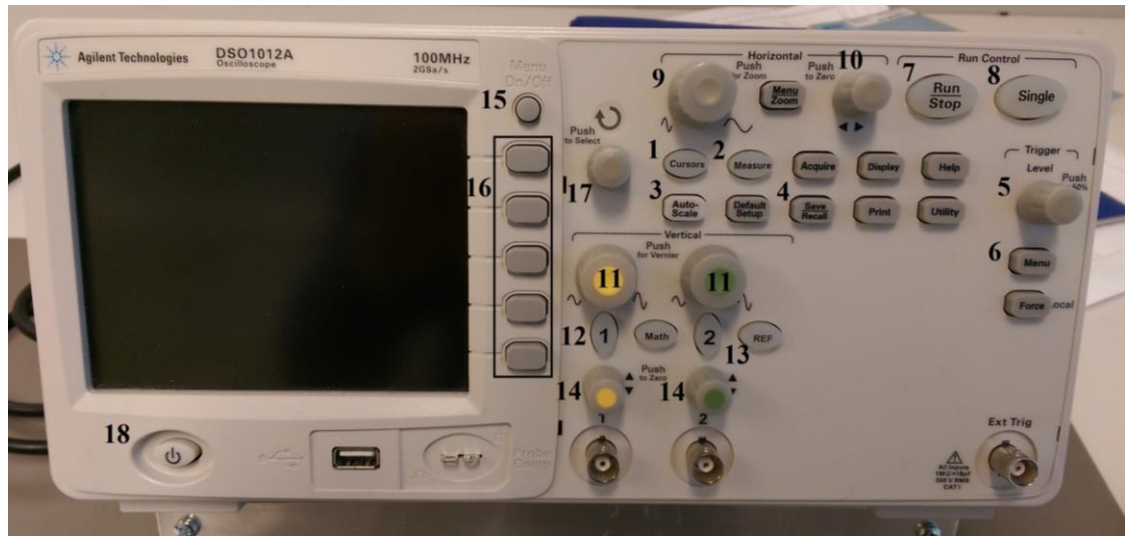
Piirissä (KUVA 6) oli kytkettynä myös katkaisin, jolla voitiin kytkeä ja katkaista piirin jännite jännitelähdettä sammuttamatta. Oskilloskoopeilla mitattiin kytkennän vastuksen ja kondensaattorin yli olevaa jännitettä. Oskilloskoopin ykköskanava kytkettiin mittaamaan kondensaattoria ja kakkoskanava vastusta. Vastuksen yli olevasta jännitteestä saatiin laskettua piirissä kulkeva tasavirta. Oskilloskooppien väliset kytkennät eroavat hieman toisistaan. Agilentilla (KUVA 6) kytketään molemmat kanavat oikeinpäin, mutta Fluke 123 (KUVA 7) kytketään kakkoskanava toisinpäin. Tämä sen takia, että Fluke 123:ssa on vain yksi ulostulo laitteessa. Tämä on huomioitava asettellessa oskilloskoopin asetuksia.



KUVA 7. Fluke 123 oskilloskoopille tehty RC-kytkentä (Yli-Rämi 2014)

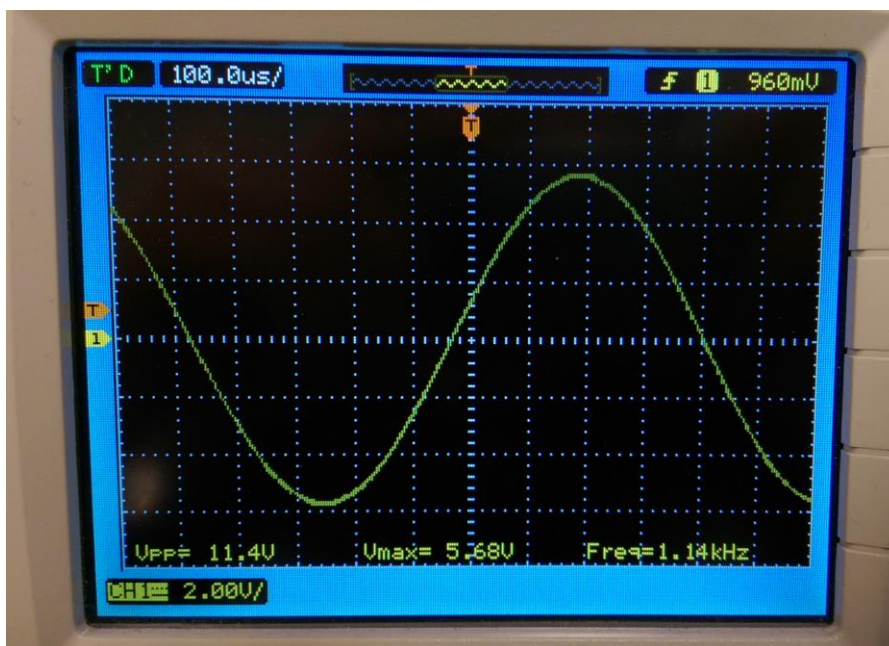
3.1.2 Agilent DSO1012A

Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa käytetään signaalien mittaamiseen Agilent DSO1012A oskilloskooppia (KUVA 8). Agilent oskilloskooppi on tyypiltänsä digitaalinen ja sen kaistanleveys on 100 MHz. Alla on esitetty kuva Agilent oskilloskoopin etupaneelistä.



KUVA 8. Agilent DSO1012A oskilloskoopin etupaneeli

Kuvasta 8 voidaan nähdä oskilloskoopin etupaneelin näppäimien sijainnit sekä analogitulojen sijainnit. DSO1012A:ssa on kaksikanavainen oskilloskooppi, jolla voidaan yhtä aikaa mitata kahta eri signaalia. Signaalien sisääntulot ovat analogisia. Muita fyysisiä ominaisuuksia oskilloskoopissa on 5,7 tuuman LCD näyttö, kaksi USB 2.0 porttia ulkoiseen tallentamiseen, USB Type B -portti oskilloskoopin kytkemiseen tietokoneeseen sekä kantokahva jolla oskilloskooppia voidaan helposti kuljettaa paikasta toiseen. Agilentissa olevalla näytöllä voidaan nähdä tutkittava signaali sekä mittaustulokset. Alla olevassa kuvassa 9 on esitetty etupaneelissa sijaitsevan näytön näkymä oskilloskoopin ollessa päällä.



KUVA 9. Agilent oskilloskoopin näyttö oskilloskoopin virran ollessa päällä

Oskilloskoopinnäyttö (KUVA 9) on jaettu normaaliasetuksilla ruudukkoihin. Ruudukon vaakataso kuvaa kulunutta aikaa ja pystytaso aallonamplitudia. Yhden ruudun leveyden asteikko on esitetty vasemmassa yläreunassa ja korkeuden mitta-asteikko on esitetty ruudun vasemmassa alareunassa. Agilentin aikaskaalausta eli yhden ruudun leveyttä voidaan vaihtaa 2 ns ja 50 s välillä. Pystyakselin skaalaukseksi, eli yhdenruudun korkeuden mitta-asteikko, voidaan valita 2 mV ja 10 V välillä.

Oskilloskoopin piirtämän aaltomuodon nolla kohtaa kuvaa keltaisella pohjalla oleva merkki 1 (KUVA 9). Jos oskilloskooppiin kytketään toinen tulo ja se on päällä, ilmoittaa vihreällä pohjalla oleva 2 merkki sen signaalin nollatason sijainnin (KUVA 9). Oranssilla pohjalla olevat T-merkit näyttävät triggaus- eli liipaisutasojen sijainnit. Keskellä ylhäällä näkyvä palkki kuvaa oskilloskoopin muistia. Keltaisella merkitty osa palkissa, kuvaa näytöllä näkyvän signaalin osaa oskilloskoopin käyttämästä muistista (KUVA 9).

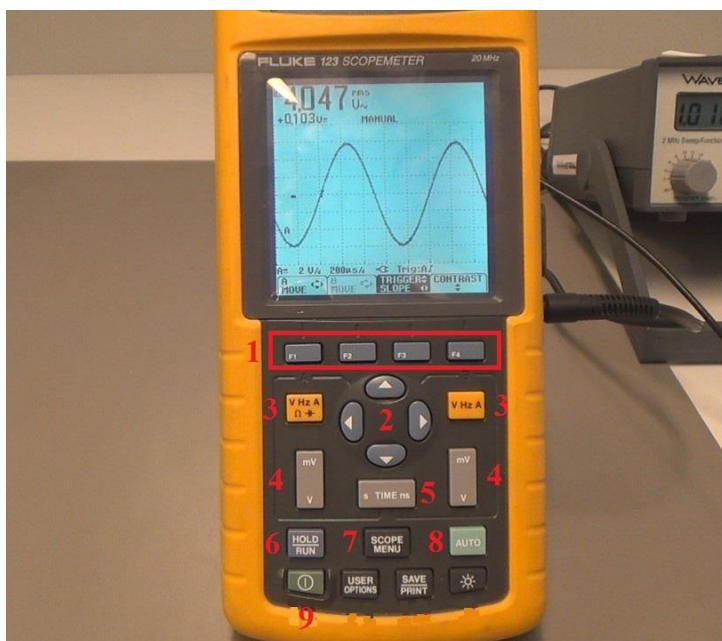
Kuvassa 8 on esitetty Agilent oskilloskoopin etupaneeli ja merkitty siihen numeroilla tärkeimpiä oskilloskoopin hallintapainikkeita. Taulukossa 1 on nimetty kyseiset painikkeet ja kerrottu mitä niillä pystytään tekemään. Taulukossa 1 on esitetty näppäimen nimi, sijainti kuvassa 8 ja näppäimen selitys. Näitä painikkeita käyttäen pystytään Agilent DSO1012A:ta käyttämään lähes kaikissa mittauksissa.

TAULUKKO 1. Agilent DSO1012A (KUVA 8) numeroidut painikkeet ja niiden selitykset

Näppäin	Kuvassa	Selitys
Cursors	1	Voidaan manuaalisesti mitata signaalia vaaka- tai pystyakselilta mittausviivojen avulla
Measure	2	Voidaan mitata automaattisesti 23 eri suuretta signaalia
Auto-Scale	3	Automaattinen signaalin skaalaus näytölle
Save/Recall	4	Tallentaa näytöllä näkyvä signaali tai palauttaa aikaisemmin tutkittuja signaaleja
Trigger level	5	Pyörittämällä potentiometriä voidaan säätää pystyakselin suunnassa liipaisutaso
Trigger menu	6	Voidaan muuttaaliipaisun asetuksia
Run/Stop	7	Pysäyttää näytöllä näkyvän signaalin tai jatkaa signaalin tutkimista
Single	8	Tulostaa näytölle yhden määritetyn ajan mittaisen signaalin kun aseteltu liipaisutaso ylitetään
Aikaskaalaus	9	Voidaan säätää näytön aika-akselin skaalausta
Nollatason säätö vaaka-akselilla	10	Voidaan siirtää signaalin nollatason paikka aika-akselilla
Amplitudinskaalaus	11	Säätää näytön pystyakselin skaalausta, keltainen CH1, vihreä CH2
Nollatason säätö pysty-akselilla	12	Siirtää signaalin nollatason paikkaa näytöllä pystyakselilla, keltainen CH1, vihreä CH2
Channel 1	13	Saadaan Channel 1 päälle ja pois
Channel 2	14	Saadaan Channel 2 päälle ja pois
Menu On/Off	15	Sulkee tai avaa viimeksi käytetyn valikon näytöltä
Näytön näppäimet	16	Ohjataan näytöllä näkyviä toimintoja
Valikon selaus	17	Ohjataan näytöllä näkyvän toimintoa (Syttyy valo kun käytössä)
Virta näppäin	18	Käynnistää tai sammuttaa oskilloskoopin

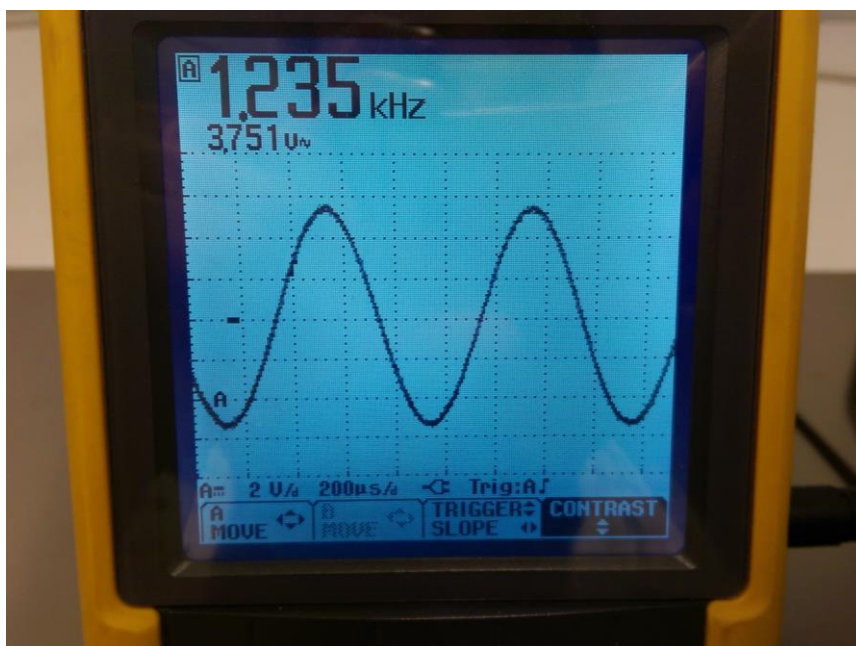
3.1.3 Fluke 123 Scopemeter

Toisena oskilloskooppina Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa on käytössä Fluke 123 Scopemeter (KUVA 10). Fluke -oskilloskoopin kaistaleveys on 20 MHz ja oskilloskooppi on tyypiltään digitaalinen. Verrattaessa Agilenttiin on Fluken kaistaleveys 80 MHz pienempi ja tämän takia epätarkempi näistä kahdesta. Tällä oskilloskoopilla on mahdollisuus mitata kahdesta eri analogisesta tulosta signaalia, joista toisella pysyy mittaamaan ainoastaan yksittäistä aaltomuotoa. Alla on esitetty Fluke 123 Scopemeter (KUVA 10).



KUVA 10. Fluke 123 Scopemeter oskilloskooppi

Fluke 123 Scopemeter koostuu kaksiväri näytöstä sekä näppäimistöä (KUVA 10). Näppäimistöllä pystytään ohjaamaan näytöllä näkyviä toimintoja. Verrattaessa Agilenttiin (KUVA 8) on Fluke yksinkertaisempi ja helppokäyttöisempi. Oskilloskooppiin kytketään verkkovirtalähde oikeassa sivussa olevaan reikään. Tämän yläpuolella on liitin oskilloskoopin kytkemiseen tietokoneeseen. Oskilloskoopin yläpuolella on kaksi sisääntuloa A ja B sekä ulostulo COM. Scopemeterillä voidaan myös mitata vaihtosähkövirtaa virtapihdillä.



KUVA 11. Fluke 123:n näyttö sekä siniaalto

Kuvassa 11 on esitetty Fluke 123:n näytön näkymä. Fluken näyttö jakautuu ruudukkoihin, joiden asteikot voidaan nähdä ruudun alareunassa. Aikatajan skaalaus vaihtelee 10 ns ja 1 minuutin välillä, ja amplitudin skaalaus voi vaihdella 5 mV ja 500 V välillä. Näytön yläreunassa voidaan nähdä mitattavan signaalin mittaustuloksia. Ruudun alareunassa on erilaisia näyttöön liittyviä toimintoja. Toimintoja saa päälle painamalla osilloskoopin näytön alapuolella olevia F-painikkeita.

Yksi Fluke 123:n huono ominaisuus on sen epätarkka näyttö (KUVA 11). Näytöllä näkyvä signaali on toisinaan epätarkka. Etenkin samanaikaisesti mitattaessa kahta signaalia voi näytöllä olevien signaalien hahmottaminen olla vaikeaa. Flukella mitattua signaalia voidaan tarkastella tietokoneella Fluken omalla FlukeWiev-ohjelmalla. Ohjelma helpottaa huomattavasti signaalien lukemista ja on erittäin kätevä mittaustulosten käsittelyssä.

Fluke 123 hallintanäppäimiä on esitelty kuvassa 10 näkyvässä numerojärjestyksessä, alla olevassa taulukossa 2. Taulukossa 2 olevien painikkeiden avulla pystyy Fluke 123:a käyttämään lähes kaikissa mittauksissa.

TAULUKKO 2. Fluke 123 Scopemeterin (KUVA 10) näppäimet ja niiden selitykset

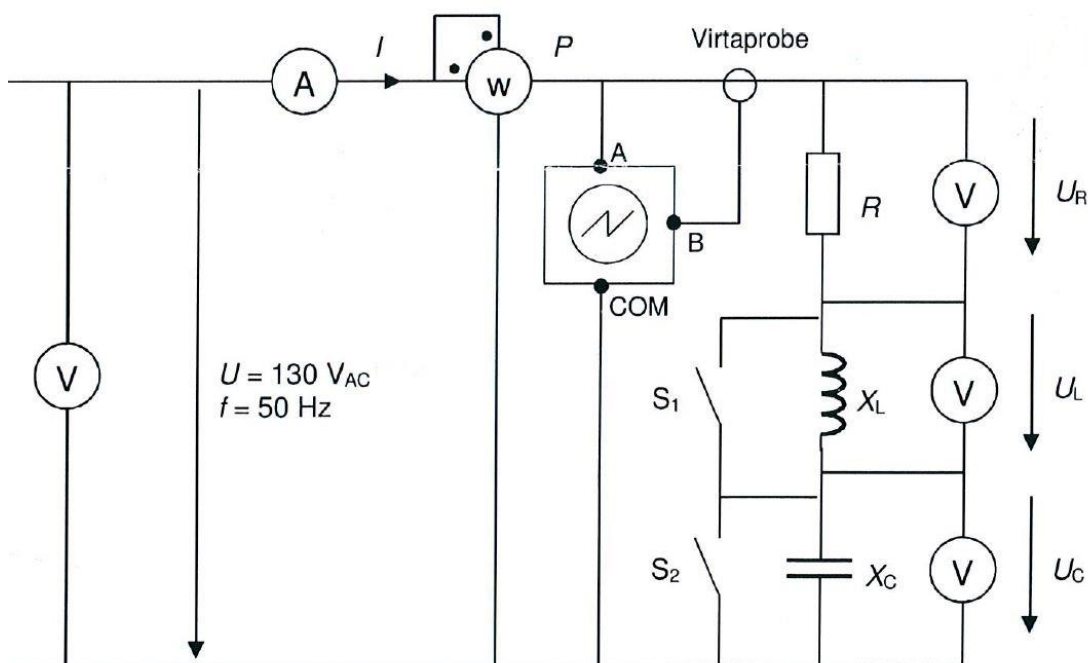
Näppäin	Kuvassa	Selitys
F1, F2, F3 ja F4	1	Ohjataan näytöllä näkyviä toimintoja
Nuoli näppäimet	2	Painikkeen toiminnot määräytyvät näytöllä näkyvistä valinnoista
V, Hz, A, Ω	3	Voidaan vaihtaa mitattavaa suuretta, molemmille tuloille omat mittaussuureet
mV/V	4	Voidaan vaihtaa pystyakselin asteikkoa, mV pienentää, V suurentaa
TIME	5	Voidaan vaihtaa vaaka-akselin asteikko, s kasvattaa suuremmaksi, ms pienentää
HOLD/RUN	6	Voidaan pysäyttää näyttö tai jatkaa näytön päivitystä
SCOPE MENU	7	Päästään valikkoon, josta voi muokata oskilloskoopin asetuksia
AUTO	8	Automaattinen signaalin skaalaus näytölle
Virta näppäin	9	Saadaan oskilloskooppi päälle ja pois

3.2 Yksivaihekytkentä

Yksivaihekytkennän opetusvideossa tehtiin RLC-sarjapiiri (KUVA 12), jossa käytettiin mittalaitteina yleismittareita (KUVA 13), analogista tehomittaria (KUVA 14) ja Fluke 123 oskilloskooppia (KUVA 10). Videolla painotettiin kytkennän oikeaoppiseen tekemiseen, jossa tärkeänä osana on myös kytkentäpiirustusten lukeminen.

3.2.1 RLC-kytkentä

Videossa tehty kytkentä oli sähkö- ja automaatiotekniikan peruslaboratorioon liittyvä työ, jossa tutkittiin yksivaiheista vaihtosähköpiiriä. Piirissä oli kytkettynä sarjakytkentänä vastus, kela ja kondensaattori eli RLC-sarjapiiri (KUVA 12). Alla on esitetty videolla olevan mittauskytkennän piirikaavio. (TAMK 2014)



KUVA 12. Opetusvideon RLC-sarjapiirin kytkennän piirikaavio (TAMK 2014)

Kuvassa 12 voidaan nähdä opetusvideon mittauskytkennän piirikaavio. Videon tavoite on se, että opiskelija osaa lukea ohjeissa olevaa piirikaaviota. Tällöin työt etenevät nopeammin ryhmä osatessa tehdä työt oikeassa järjestyksessä. Opetusvideolla tehdyssä kytkennässä oli vastuksen R , kelan X_L ja kondensaattorin X_C sarjakytkentä eli RLC-sarjapiiri (KUVA 12). Videolle valittiin kyseinen kytkentä, koska kytkennässä käytetään kaikkia perusmittareita ja kytkentä voi olla ensikertalaiselle monimutkainen.

Kytkenässä (KUVA 12) käytettiin mittavälineinä viittä yleismittaria, analogista tehomittaria ja oskilloskooppia. Yleismittareista yhtä käytettiin kytkennän virran mittaamiseen ja neljää mittaamaan kytkennän jännitteitä. Kytkennästä mitattiin pääjännitettä sekä vastuksen, kelan ja kondensaattorin yli olevia jännitteitä. Oskilloskoopilla pystyttiin tarkastelemaan kytkennän jännitteen ja virran aaltomuodon käyttäytymistä sekä analogisella tehomittarilla kytkennän kokonaispätötehoa. Opetusvideossa keskityttiin oikean kytkennän tekemisen lisäksi edellä mainittuihin mittalaitteisiin ja niiden oikeaoppiseen kytkemiseen. Etenkin analoginen tehomittari on todettu opiskelijoille haasteelliseksi, joten siihen tehtävään kytkentään painotettiin enemmän.

3.2.2 Yleismittarit

Yleismittari on sähköilmiöiden mittaamiseen käytetty mittauslaite. Yleismittarilla voidaan mitata luetettavasti kytkentöjen jänniteitä ja virtoja. Lisäksi yleismittarilla voidaan mitata vastuksen resistanssia, lämpötilaa ja diodin johtavuutta. Yleismittari soveltuu niin vaihtosähkö- kuin tasasähkömittauksiin. Yleismittarit olivat ennen yleensä analogisia, mutta nykyään lähes kaikki yleismittarit ovat digitaalisia.

Yksivaiheisen kytkennän opetusvideossa oli käytössä kolme erimallista Fluken yleismittaria. Opetusvideossa pyrittiin tällä takaamaan, että jokainen laboratoriossa käytössä oleva mittari käytäisiin videoilla läpi. Videolla käytettiin Fluke 87 IV, 87 V ja 189 yleismittareita (KUVA 13). Mittareiden ominaisuudet ovat samanlaiset, mutta ulkonäössä on eroavaisuuksia. Lisäksi mittareiden välillä on eroavaisuuksia mittaussvalintojen välillä.



KUVA 13. Opetusvideossa käytetyt yleismittarit Fluke 87 IV (1), 87 V (2) ja 189 (3)

3.2.3 Analoginen tehomittari

Yksivaiheisen kytkennän opetusvideossa käytettiin myös analogista tehomittaria (KUVA 14). Videossa käytetyn tehomittarin on valmistanut Metrix ja mittarin tuotantomalli on MX 0090. Analogisella tehomittarilla voidaan mitata vaihtosähköpiiristä ainoastaan kytkennän kuluttumaa pätötehoa. Mittari täytyy tällöin kytkeä piirissä mittaamaan halutun

kohteen virtaa ja jännitettä samanaikaisesti. Analogista mittaria luetaan näyttötaulusta (KUVA 14). Näyttötaulussa viisari osoittaa pätötehon suuruuden. Viisarin alla on peili minkä avulla voidaan lukea viisarin näyttämä tulos tarkemmin. Viisarin näyttämä tehokema täytyy kertoa kertoimella C (KUVA 14). Käytettävän kertoimen määrittää mittarille asetettava kytkennän nimellisjännite. Jännitteen arvoa voidaan muuttaa laitteen yläkulmassa olevasta säätimestä (KUVA14). Analoginen mittari sopii hyvin tehon mittaamiseen vaihtosähkökytkennöistä.



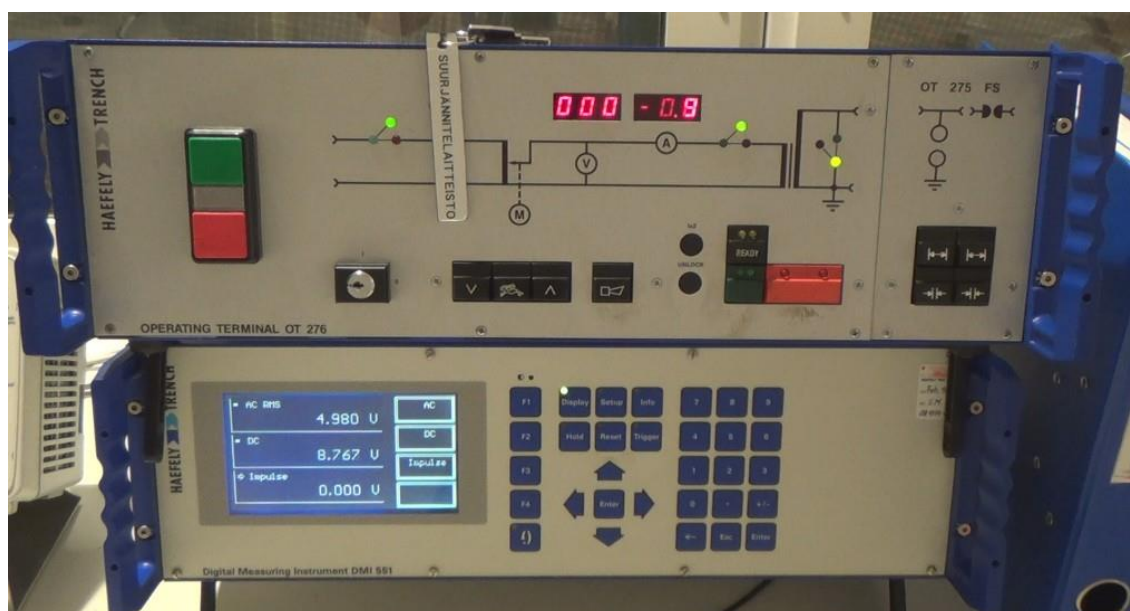
KUVA 14. Analoginen tehomittari

Analogisella tehomittarilla on mahdollista mitata positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan siirtyvää pätötehoa. Tehomittarissa voidaan säätää myös jännitealuetta (KUVA 14) kytkennän nimellisjännitteen mukaan. Asetusta voidaan säätää neljälle eri jännitteelle 48 V, 120 V, 240 V ja 480 V. Asetettu nimellisjännite määrää kuinka mittarin mittaustasteikon kerroin muuttuu. 48 V:lla kerroin C on 2, 120 V:lla kerroin on 5, 240 V kerroin on 10 ja

480 V kerroin on 20 (KUVA 14). Jotta mittauksesta saadaan oikea pätötehon arvo, täytyy mittarin viisarin näyttämä lukema kertoa jännitealueen määräämällä kertoimella.

3.3 Suurjännitelaitteiston ohjaus- ja mittauslaitteisto

Suurjännitelaboratoriossa käytetään suurjännitekytkennän ohjaamiseen ja mittaamiseen kuvassa 15 olevaa laitteistoa. Laitteisto koostuu kahdesta osasta ohjaus- ja mittausosasta. Ohjauslaitteen avulla voidaan kytkeä, katkaista ja hallita suurjännitekytkennän jännitettä. Mittauslaitteen avulla voidaan mitata suurjännitekytkennässä olevan mittakappaleen arvoja. Ohjaus- ja mittalaitteiston on valmistanut Haefely Hipotronics, joka on erikoistunut suurjännitelaitteiston tuotantoon.



KUVA 15. Suurjännitelaboratorion ohjaus- ja mittauslaitteisto

4 VIDEOINTILAITTEET JA OHJELMISTOT

Opinnäytetyössä kuului varsinaisena osuutena oppimateriaalin tuottaminen videomateriaalina, jotka oli tarkoitus laittaa internettiin valmistumisen jälkeen. Videoiden kuvaamiseen käytettiin Sonyn digitaalista videokameraa, jolla pystyttiin hyvällä laadulla kuvaamaan videomateriaaleja. Lisäksi tietokonetyöskentelyn kuvaamiseen käytettiin ruutukaappausohjelmaa, jolla pystyttiin nauhoittamaan tietokoneen ruudun tapahtumia. Videoille nauhoitettiin lisäksi mikrofonilla kerronta. Kerronnan pohjana olivat opinnäytetyön tekstiosuus ja muut tarpeelliset havainnot videoista.

Videoiden jälkituotannossa käytettiin kahta eri ohjelmaa. Kerronnan nauhoittamiseen ja käsittelyyn käytettiin Audacity-ohjelmaa ja videoiden muokkaamiseen käytettiin DaVinci Resolve 12 -videonmuokkausohjelmaa. Molemmat ohjelmat ajoivat asiansa mallikkaasti ja niiden avulla pystyttiin videoiden laatutaso pitämään korkealla.

4.1 Kuvaus- ja äänityslaite

4.1.1 Sony HANDYCAM

Työssä kuvattiin opetusvideoita Sonyn Handycam HDR-CX320E digitaalisella videokameralla (KUVA 16). Videokameralla pystyttiin kuvaamaan videot 1080p tarkkuudelle, minkä ansiosta videoista tuli tarkkoja.. Alla (KUVA 16) on esitelty edellä mainittu videokamera.



KUVA 16. Sony Handycam HDR-CX320E videokamera

Videoista poistettiin äänet jälkeenpäin videon muokkausohjelmalla. Syy tähän on kameran heikossa sisäisessä mikrofonissa, joka keräsi runsaasti taustamelua ja kertojan ääni pysy heikkona tai runsaasti häiriintyneenä. Videoihin äänitettiin jälkeenpäin äänet mikrofonilla. Kerronnalla pyrittiin saamaan videoihin selvyyttä ja lisäinformaatiota.

4.1.2 Razer Kraken USB

Kerronnan taltiointiin käytettiin Razer Kraken USB kuulokkeita (KUVA 17). Kuulokkeet sisältävät analogisen mikrofonin (Razer 2016), jolla pystyi nauhoittamaan puhetta. Ratkaisu, käyttää kuulokkeiden mikrofonia äänen nauhoittamiseen, ei tuntunut aluksi järkevältä, mutta osoittautui myöhemmin hyväksi ideaksi. Tärkeintä oli saada selkeä ja vähän häiriötä sisältävä kerronta opetusvideoihin ja siinä onnistuttiin.



KUVA 17. Razer Kraken USB kuulokkeet (Razer 2016)

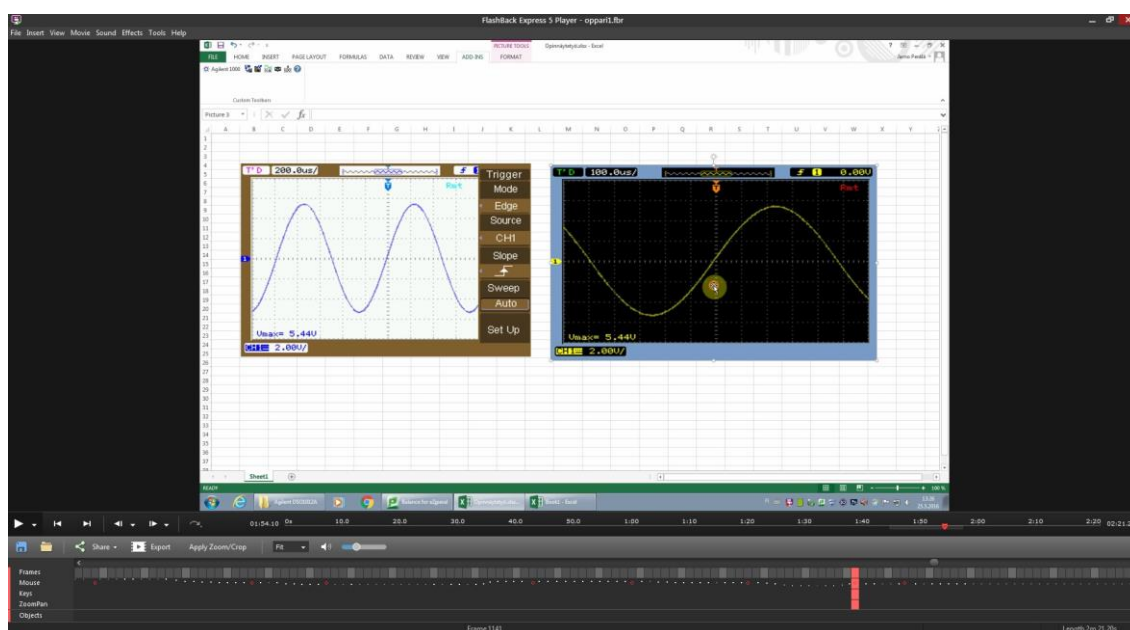
4.2 Ohjelmistot

Opetusmateriaalin tuottamiseen käytettiin kolmea eri tietokoneohjelmaa. Kaikki kolme ohjelmaa sai ladattua ilmaiseksi valmistajan internetsivuilta. Kyseiset ohjelmat valittiin

tähän työhön, koska ohjelmien käyttäjäkokemusrviointien perusteella ne olivat parhaat vaihtoehdot kyseisiin tehtäviin.

4.2.1 FlashBack Express 5

Oskilloskooppien oppimateriaalissa yhtenä osana oli oskilloskooppien mittaustulosten saaminen tietokoneelle. Tällöin huonona vaihtoehtona olisi ollut kuvata tietokoneen näyttöä videokameralla, koska tietokoneen näyttö näkyy huonosti videon kuvassa. Tämän vuoksi oli hyvä käyttää tietokoneen näytön kuvaamiseen tarkoitettua ohjelmaa, joten päätettiin käyttää FlashBack Express 5:tä (KUVA 18).



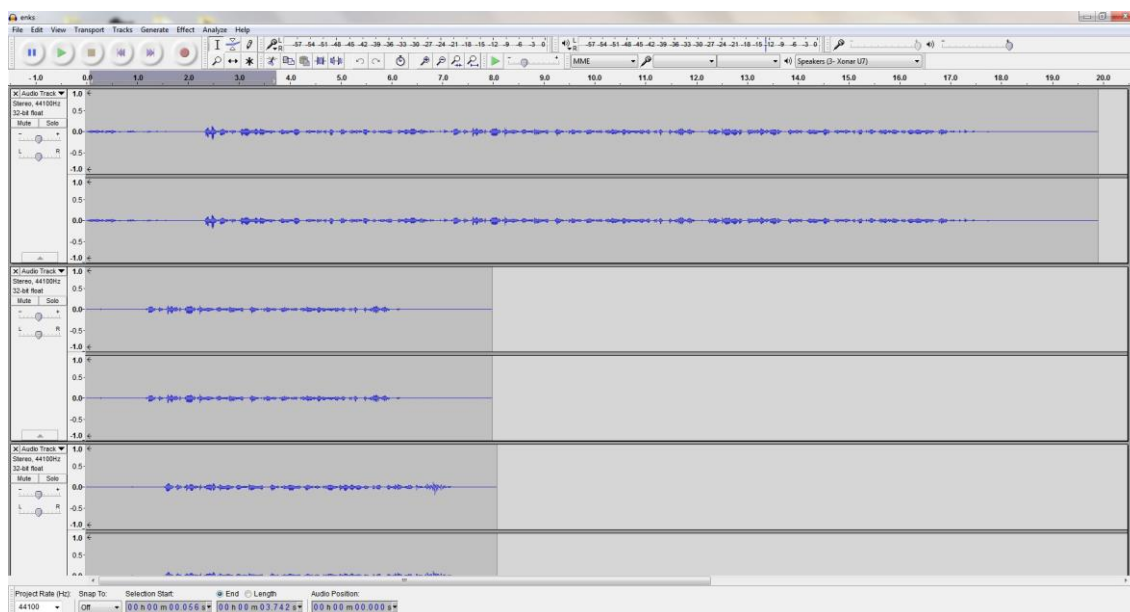
KUVA 18. FlashBack Express 5 ohjelman ruutukaappaus

FlashBack Express 5 on tietokoneen näytön kuvaamiseen tarkoitettu ohjelma, joka pystyy tallentamaan kaiken mitä näytöllä tapahtuu. FlashBackin vahvuus muihin tallennus ohjelmiin on kokoruudun kuvaaminen sekä runsaat videonmuokkaus toiminnot. Ohjelman pystyi lataamaan ilmaisen 30 päivän kokeiluversion valmistajan kotisivuilta. Kuvassa 18 voidaan nähdä ohjelman videonmuokkausosan päänäköymä.

4.2.2 Audacity

Razer Kraken USB (KUVA 19) toimi ainoastaan tietokoneen USB-portin kautta. Tällöin vaadittiin tietokoneelle nauhoitusohjelma, jolla pystyttiin ottamaan talteen kuulokkeiden

mikrofonin ääni. Tähän työhön soveltui Audacity äänitysohjelma. Ohjelmalla pystyttiin nauhoittamaan tietokoneeseen kytketyn kuulokkeen mikrofonin ääntä. Audacity on ilmainen äänitysohjelma minkä voi ladata valmistajan kotisivuilta.

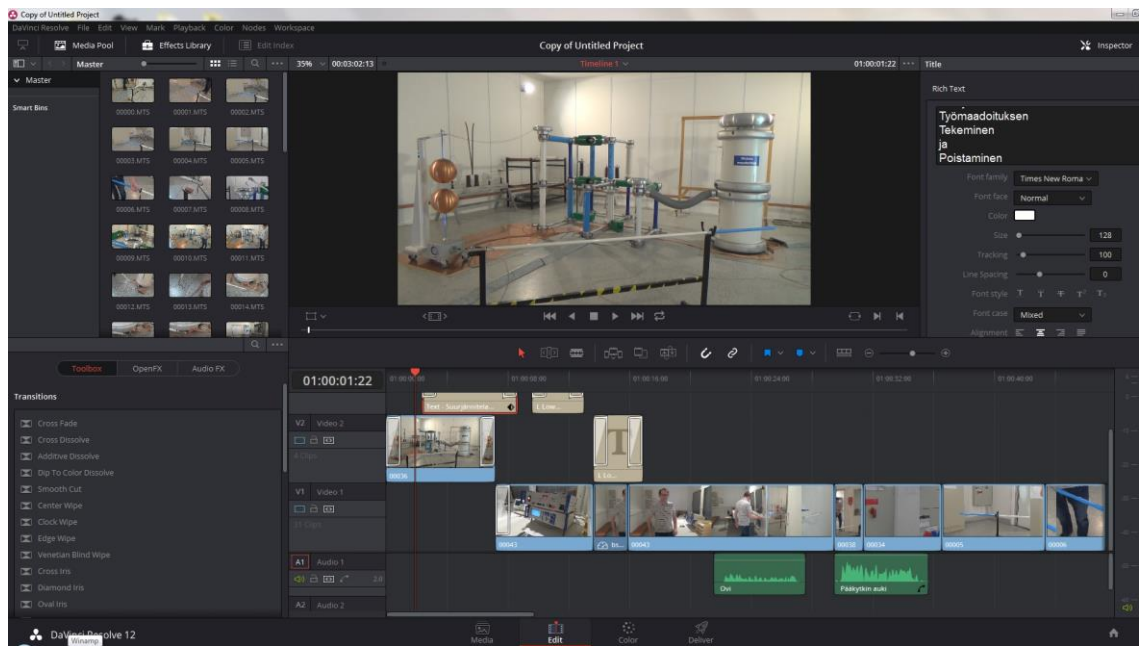


KUVA 19. Audacity äänitysohjelman päänäkymä

Audacityllä pystyttiin nauhoitettua ääntä jälkikäsittelemään helposti. Ohjelmalla pystyttiin leikkaamaan sekä muokkaamaan nauhoitettuja puheita erilaisilla työkaluilla. Lisäksi äänitiedostot pystyttiin tallentamaan oikeanlaiseen tiedostomuotoon, jotta ne saatiin auki videonmuokkausohjelmassa. Kuvassa 19 on esitetty Audacityn päänäkymä, jossa on nauhoitettua puhetta suurjännitelaboratorion työmaadoituksen tekemisestä.

4.2.3 DaVinci Resolve 12

Kaikkien edellä mainittujen laitteiden ja ohjelmistojen tuottamat materiaalit täytyi saada laitettua vielä yhteen, jotta pystyttiin luomaan lopullinen opetusmateriaali. Tämä pystyttiin toteuttamaan DaVinci Resolve 12 videonmuokkausohjelmalla (KUVA 20). Ohjelmalla pystyttiin yhdistämään eri videon tallennusvälineillä kuvattuja pätkiä yhteen ja lisäämään niihin kuulokkeilla nauhoitettu kerronta.



KUVA 20. DaVinci Resolve 12 videonmuokkausosa

DaVinci Resolve 12 on ilmainen ohjelma, jonka voi ladata valmistajan kotisivuilta. Resolve 12:lla voidaan muokata kaikkia tunnettuja videotiedostoja kattavilla työkaluilla. Ohjelmalla voidaan leikata, lisätä tehosteita ja ehostaa kuvattuja videoita. Resolven huono puoli on, että se ei pysty avaamaan äänitiedostoja kuin wav-muodossa. Tämän takia on hyvä, että Audacity ohjelmalla pystytään muuttamaan kaikki äänet wav-tiedostoiiksi, jolloin niitä pystytään käyttämään Resolvessa.

Ohjelmiston käyttäminen oli aluksi hieman vaikeaa ja työn eteneminen oli sen johdosta hidasta. Työn edetessä kuitenkin ohjelman käyttämiseen pääsi hyvin käsiksi ja ohjelmasta pystyi käyttämään kaikkia sen ominaisuuksia. Sama koski myös Audacityn käyttöä. Onneksi internetistä löytyi molempien ohjelmien käyttöön apua, eikä videoiden valmistuminen jäänyt kiinni ohjelmistojen käyttämisestä.

5 OSKILLOSKOOPPIEN KÄYTTÖ

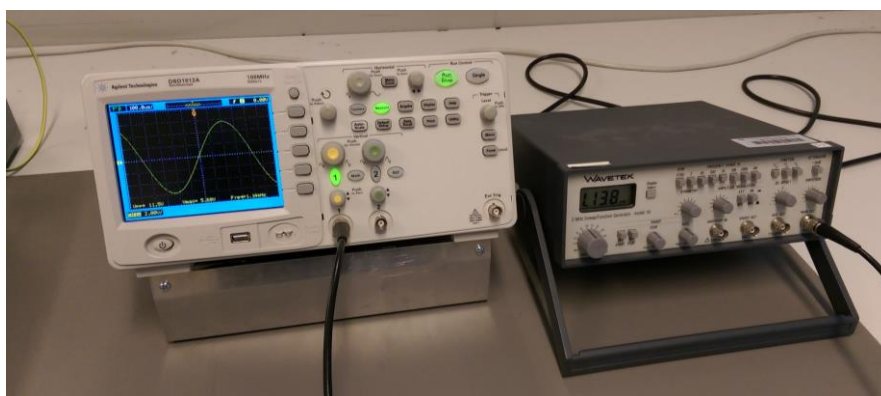
Ensimmäinen opetusvideoiden sarja käsitteli kahden oskilloskoopin Agilent DSO1012A (KUVA 8) ja Fluke 123 (KUVA 10) käyttöä sekä niillä mittaamista. Opetusvideoiden tarkoitus oli antaa molemmista oskilloskoopeista peruskäsitys ja siitä kuinka ne toimivat, miten niitä käytetään ja kuinka niillä voidaan mitata kytkennästä haluttuja suureita. Opetusvideoiden kuvaaminen tapahtui Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa.

5.1 Agilent oskilloskooppi

Agilent oskilloskoopilla (KUVA 8) kuvattiin kaksi opetusvideota. Ensimmäisessä tarkoituksena oli perehtyä laitteen perustoimintoihin syöttämällä siihen signaaligeneraattorilla siniaaltoa. Toisessa videossa oli tarkoituksena näyttää soveltava käyttö, jossa tarkoituksena oli näyttää kelan aiheuttaman muutosilmiön saaminen oskilloskoopin näytölle.

5.1.1 Peruskäyttö

Peruskäytön opetusvideolla perehdyttiin Agilent oskilloskoopin yleiseen käyttämiseen. Video sisälsi oskilloskoopin kytkemisen päälle ja mittajohdon kiinnittämisen laitteeseen, näytön skaalauksen asettelemisen, triggauksen eli liipaisun käyttämisen, mittaamisen eri toiminnoilla sekä mittaussignaalin tallentamisen. Edellä mainittu järjestys noudattaa tyyppillistä oskilloskoopin käyttöä mittaamisessa. Videon avulla opiskelija pystyy käyttämään oskilloskooppia erilaisien mittausten apuna.



KUVA 21. Peruskäytön opetusvideon laitteet sekä kytkentä

Videossa oskilloskooppi oli kytketty signaaligeneraattoriin (KUVA 21). Ensimmäisenä opetusvideossa käsiteltiin oskilloskoopin kytkemistä signaaligeneraattoriin ja käytetyn oskilloskoopinkanavan asetuksiin. Videolla edettiin seuraavassa järjestyksessä:

- kytkettiin signaaligeneraattori oskilloskooppiin koaksiaalikaapelilla (KUVA 21)
- kytkettiin virtanapista oskilloskooppi päälle
- laitettiin oskilloskoopin ykköskanava päälle Channel 1 painikkeesta, ja tehtiin tarvittavat kanavanasetukset kuten mittajohdon kertoimen asettelu
- näytettiin oskilloskoopin näytön skaalausten asettelut sekä nollatasojen siirtäminen näytöllä
- näytettiin liipaisutasojen asettaminen oskilloskoopilla
- näytettiin signaalin mittaaminen automaattisesti measure-toiminnolla sekä cursoreiden avulla manuaalisesti
- lopuksi näytettiin kuinka näytöllä näkyvän signaalin tallentaminen onnistui muistitikulle sekä tietokoneelle Excelin avulla

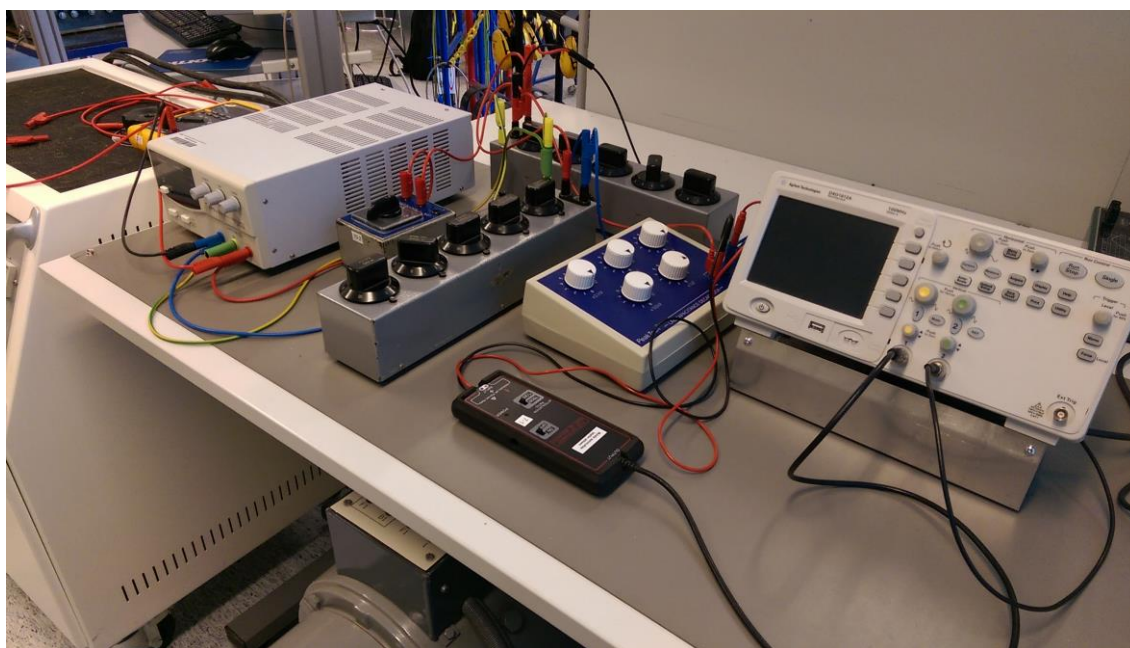
Oskilloskoopin mittaaman signaalin voi tallentaa joko USB-tikulle tai tietokoneelle. Oskilloskooppiin voidaan kytkeä USB-tikku sille tarkoitettuun paikkaan näytön alapuolelle (KUVA 8). Jos oskilloskooppi tunnistaa USB-tikun, ilmestyy oskilloskoopin näytölle Device installed teksti. Painamalla SAVE/RECALL -näppäintä päästään tallentamaan haluttu signaali. On huomioitava, että oskilloskooppi tallentaa sen mitä näytöllä näkyy, joten kannattaa ennen tallentamista säätää näytöllä näkyvä signaali oikeanlaiseksi.

Oskilloskoopin näytön kuva voidaan tallentaa kuvatiedostona tai aaltomuotona. Valittaessa PNG-kuvatiedosta voidaan USB-tikulle tallentaa näytöllä näkyvä kuva kuvatiedostona mikä voidaan avata kaikilla Windows-käyttöjärjestelmän tietokoneilla. Toinen tallennusvaihtoehto on tallentaa oskilloskoopin kuva Waveform-tiedostona eli aaltomuotona. Waveform-tiedostot voidaan jälkeinpäin avata Agilent oskilloskoopilla uudestaan ja mitata vaikkapa uudelleen joitain suuria signaaleja. Waveform tiedosto voidaan avata oskilloskoopilla valitsemalla Save/Recall valikosta External toiminnolla USB-tikku. Oikean tiedoston löytyessä tikulta saadaan tiedoston signaali näytölle valitsemalla se ja painamalla näytöllä näkyvän Recallin vieressä olevaa painiketta. Tällöin Waveform-tiedosto aukeaa näytöllä ja siitä voidaan suorittaa uusintamittauksia.

Tallennuskohdan jälkeen oli Agilent oskilloskoopin peruskäytön opetusvideon sisältö käyty läpi. Videon tavoitteena oli saada katsojalle hyvä kuva siitä miten kyseistä oskilloskooppia käytetään.

5.1.2 Soveltava käyttö

Toisessa Agilentiin liittyvässä videossa oli tarkoitus kuvata oskilloskooppiin liittyvää soveltavaa käyttöä. Videossa oskilloskooppi kytkettiin RC-piiriin (KUVA 6) mittaamaan kondensaattorin ja vastuksen yli olevia jännitteitä. Videossa esiteltiin oikean skaalauksen asettamista, nollatasojen säätämistä oikeisiin kohtiin, liipaisun asettamista kohdalleen, Single -toiminnon sekä kahden kanavan yhtäaikaista käyttöä.



KUVA 22. RC-kytkentä jossa on Agilent oskilloskooppi kytkettynä

Video kuvattiin pelkästään näyttämällä Agilentin näyttöä. Tämä sen takia, että näytöltä näkisi paremmin tehtävät asetukset mittausta varten ja edellisessä videossa esiteltiin kaikki hallintanäppäimien toiminta mitä tässä videossa tarvittiin. Videolla edettiin seuraavassa järjestyksessä:

- kytkettiin Agilent kondensaattorin (KUVA 22)
- laitettiin oskilloskooppi päälle ja tulon asetukset kohdalleen mittausta varten
- aseteltiin näytön akseleiden skaalaukset oikeaksi, jotta mittaustulos saadaan oikein näkymään
- asetettiin näytön nollatasot oikeisiin kohtiin näyttöä

- säädettiin liipaisutaso kohdilleen, ja liipaisuvalikosta oikea liipaisun reuna
- laitettiin oskilloskoopin Single-toiminto päälle ja näytettiin mittaustulos
- ja lopuksi tehtiin mittausta uudestaan käyttämällä kahta kanavaa yhtä aikaa

Ensimmäisenä videolla esitettiin Agilentin näytön akseleiden skaalausten säätö. Aikata-son skaalauksen määrittää komponenttien arvoista riippuvasta aikavakiosta. Lasketun ai-kavakion perusteella voidaan aikatasolle asettaa oikea skaalaus. Amplitudin skaalaus määrittyy kytkentään syötettävän jännitteen suuruudesta. Seuraavaksi asetellaan signaa-lin nollatasojen sijainnit. Nollatasot asetellaan siten, että jännitteen nousukäyrä näkyy hy-vin kokonäytön leveydeltä. Tällöin amplitudin nollataso asetellaan yhden ruudun päähän alareunasta ja ajan nollataso kaksi ruutua vasemmasta reunasta.

Triggauksen eli liipaisun asettelu oli seuraavana vuorossa. Liipaisuntaso asetetaan hie-man amplitudin nollatason yläpuolelle. Tämä sen takia, että oskilloskooppi ei piirrä liian aikaisin signaalia esimerkiksi häiriön takia. Liipaisun asetuksista asetetaan liipaisun eh-doksi nousevareuna. Tämän jälkeen painetaan single-nappia, jolloin oskilloskooppi tekee kertaliipaisun näytölle. Tämän jälkeen videolla väännetään katkaisimesta ja oskilloskoo-pin näytölle piirtyy hienosti kondensaattorin aiheuttama muutosilmiö tasajännitekytken-nässä (KUVA 25 ja 26).

Viimeisenä kohtana soveltavassa käytössä on kahden kanavan yhtäaikainen käyttö. Aluksi asetetaan toiseen kanavaan mittajohdin ja painetaan kanava päälle. Tämän jälkeen asetuksista asetetaan mittajohtimen vaimennuskerroin. Tällä kertaa käytettävässä mitta-johtimessa on vaimennusta, joten valikosta on valittava oikea kerroin. Tämän jälkeen voi-daan asettaa kakkoskanavan amplitudin skaalaus oikeaksi. Ajan skaalaukseen ei tarvitse koskea, koska molemmilla tuloilla on yhteinen aikaskaalaus. Tämän jälkeen asetellaan kakkoskanavan signaalin amplitudin nollataso yhtä ruutua ylemmäs näytön keskitasosta. Tämän jälkeen on oskilloskoopin asetukset valmiit ja videolla voidaan painaa Single-näppäintä, kytkeä katkaisin kiinni ja nähdä mittaustuloksen olevan oikeellinen (KUVA 25 ja 26).

Kahden kanavan yhtäaikaisen käytön jälkeen oli Agilent oskilloskoopin soveltavan käy-tön opetusvideon asiat käyty läpi. Videon tavoitteena oli saada katsojalle hyvä kuva siitä miten kyseistä oskilloskooppia käytetään mittauksessa, joka vaatii oskilloskoopin käytön osaamista.

5.2 Fluke 123 oskilloskooppi

Fluke 123 Scopemeter oskilloskoopilla (KUVA 10) kuvattiin Agilentin tapaan kaksi opetusvideota. Ensimmäisessä tarkoituksena oli perehtyä laitteen perustoimintoihin syöttämällä siihen signaaligeneraattorilla siniaaltoa. Toisessa videossa oli tarkoituksena näyttää soveltava käyttö, jossa tarkoituksena oli näyttää kondensaattorin aiheuttaman muutosilmiön saaminen oskilloskoopin näytölle.

5.2.1 Peruskäyttö



KUVA 23. Fluke 123 kytkettynä signaaligeneraattoriin

Fluke 123 peruskäytön opetusvideo koostui samasta rungosta kuin Agilentin peruskäyttö. Video alkoi Fluke 123:n kytkemisellä kiinni signaaligeneraattoriin, ja päättyi oskilloskoopin näytöllä näkyvän signaalin tallentamiseen. Videolla pyrittiin saamaan selkeä kuva siitä kuinka Fluke 123 oskilloskooppi toimii ja mitä eri toimintoja siitä löytyy. Videolla edettiin seuraavassa järjestyksessä:

- kytkettiin signaaligeneraattori oskilloskooppiin (KUVA 23)
- kytkettiin virtanapista Fluke 123 päälle, ja asetettiin Scope menusta kanavan, liipaisun, mittajohdon vaimennuskertoimen ja oskilloskoopin käyttötilan asetukset
- näytettiin kuinka signaalin sai skaalattua näytölle ja mistä näkee skaalauksen arvot
- näytöllä näkyvän signaalin liikuttaminen

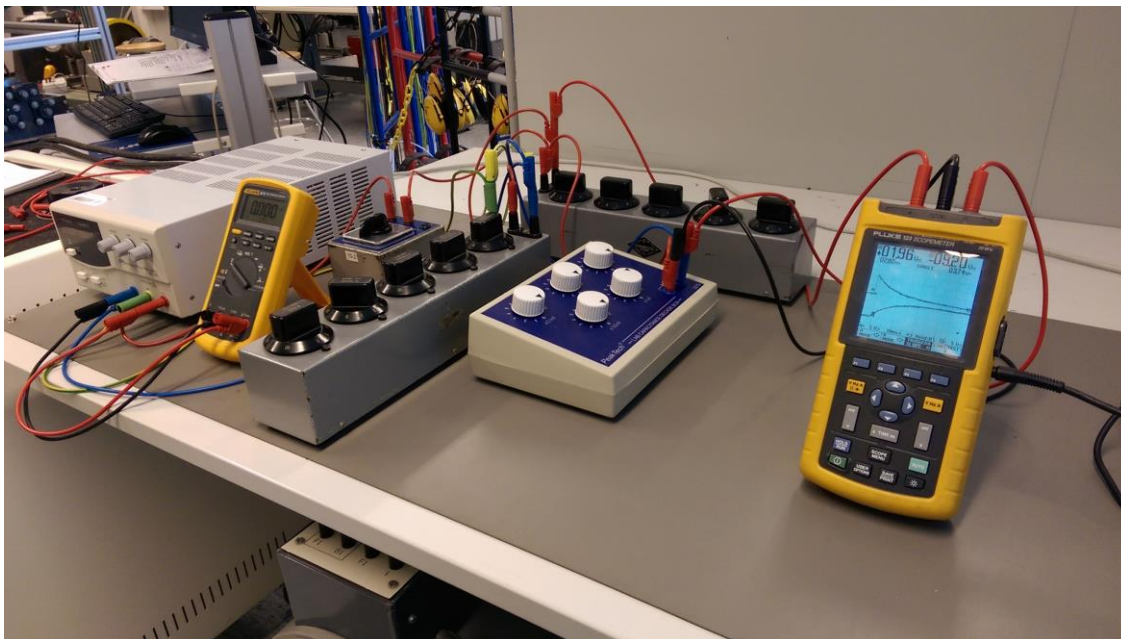
- liipaisutasojen asettaminen oskilloskoopilla
- mitä voidaan mitata automaattisesti Fluke 123:lla
- viimeisenä kuinka näytöllä näkyvä signaali saadaan talteen tietokoneelle käyttämällä FlukeView-ohjelmaa

Fluken näytöllä mitattua signaali voidaan tutkia tietokoneella FlukeView-ohjelmalla. Ohjelman avulla voidaan tallentaa oskilloskoopin näytöllä näkyvä kuva ja mitata jälkeensä siitä haluttuja suureita. Fluke 123 voi liittää tietokoneeseen sille tarkoitetulla johdolla. Johto kytketään oskilloskoopin kyljessä olevaan liittimeen. Toinen pää kytketään tietokoneeseen olevaan 9-pinniseen liittimeen. Oskilloskooppi kytketään ensimmäiseksi tietokoneeseen, jonka jälkeen avataan FlukeView. Ohjelman avauduttua Valitaan COM 1 liittintä ja painetaan Connect näppäintä. tämän jälkeen ohjelma muodostaa yhteyden oskilloskoopin kanssa. Fluke 123 kuva saadaan ohjelmaan painamalla yläreunassa olevasta työkalupalkista kameran tai aallon kuvaa. Tämän jälkeen ohjelman näytölle tulee valitun toiminnon perusteella oskilloskoopin näytöllä näkyvä signaali.

Edellä mainitun esitysjärjestyksen avulla voitiin kattavasti esitellä Fluke 123:n käyttöä ja samalla pystyttiin käymään riittävän tarkasti kaikki tarvittavat peruskäytön toiminnot läpi. Tämän jälkeen oli Fluke 123 peruskäytön opetusvideo käsitelty läpi. Videossa asiat esitettiin yksinkertaisesti ja mahdollisimman selkeästi.

5.2.2 Soveltava käyttö

Fluke 123 toisen opetusvideon idea oli sama kuin Agilentilla. Fluke kytkettiin RC-piiriin (KUVA 7), ja videolla näytettiin kuinka kondensaattorin ja vastuksen yli olevat jännitteet saatiin piirrettyä oikein oskilloskoopin näytölle. Videossa esiteltiin oikean skaalauksen asettelemista, nollatasojen säätämistä oikeisiin kohtiin, liipaisun asettelemista kohdalleen mittauksen kannalta sekä kahden kanavan yhtaikaista käyttöä.



KUVA 24. RC-kytkentä, jossa on Fluke 123 kytkettynä

Fluke 123 soveltavan käytön opetusvideo koostui samoista kokonaisuuksista kuin Agilentin soveltavan käytön opetusvideo. Video kuvattiin näyttämällä Fluken näyttö ja hallintapainikkeet. Videon kuvaaminen Fluken näytöstä ei onnistunut, koska näyttö heijasti liikaa, jolloin videokamera näkyi näytöltä koko videon ajan. Videolla edettiin seuraavassa järjestyksessä:

- kytkettiin Fluke 123 kondensaattorin (KUVA 24)
- laitettiin oskilloskooppi päälle ja asetettiin Scope menusta oikeat asetukset päälle mittausta varten
- aseteltiin näytön akseleiden skaalaukset oikeaksi, jotta mittaustulos saadaan oikein näkymään
- asetettiin näytön nollatasot oikeisiin kohtiin näyttö
- säädettiin liipaisutaso kohdilleen, ja asetettiin oikea liipaisun reuna
- näytettiin mittaustulos, ja tehtiin mittaus uudestaan käyttämällä kahta kanavaa yhtä aikaa

5.3 Teoriaan vertailu

Videolla tehdyn kytkennän oikeellisuus voidaan tarkastaa laskemalla komponenttien alkuarvoilla ensimmäiseksi kytkennän muutosilmiön aikavakio. Aikavakio voidaan laskea teoriassa esitetyn kaavan 4 avulla. Kytkennän komponenttien arvot on esitetty alla olevassa taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Videoiden RC-kytkennän komponenttien arvot

Mittalaite	$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$C (\mu F)$
Agilent	2000	2000	8
Fluke 123	2000	2000	10

Agilentin videossa kondensaattorin kapasitanssi oli 8 μF , ja Fluke 123:n 10 μF . Kytkennän alkuarvojen (TAULUKKO 3) perusteella voidaan laskea molempien oskilloskooppien kytkennöille teoreettiset aikavakiot käyttäen kaavaa 4. Esimerkkinä voidaan laskea Agilentin mittauksen alkuarvoilla (TAULUKKO 3) aikavakio.

$$\tau = RC = 2000 \Omega \cdot 8 \cdot 10^{-6} F = 0,016 s$$

Vastaukseksi saadaan siis 16 millisekuntia. Fluke 123 mittauksen aikavakio on 20 ms, joten voidaan nähdä kondensaattorin kapasitanssin vaikutus aikavakioon.

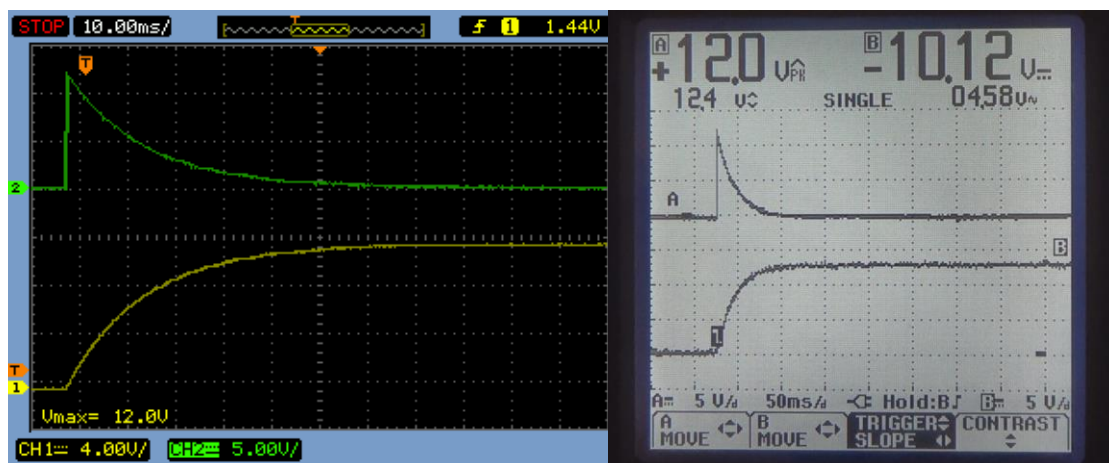
Seuraavaksi voidaan laskea kondensaattorin yli olevan jännitteen suuruus aikavakion hetkellä. Jännite voidaan laskea käyttämällä kaavaa 5. Kaavasta tarvitsee tietää vielä kytkentöjen pääjännitteiden suuruudet. Kytkentää syötettiin ulkoisella jännitelähteellä, josta syötettiin 12 V suuruista tasajännitettä Agilentin tapauksessa, ja Fluke 123:lle 12,5 V tasajännitettä. Ajanhetkenä t käytetään aikavakiota. Tiedettäessä kaikki tarvittavat suureet kaavasta 5 voidaan laskea esimerkkinä Agilentin videon teoreettinen kondensaattorin yli oleva jännite aikavakion kohdalla.

$$U_C = 12 V \left(1 - e^{-\frac{16 ms}{16 ms}} \right) = 7,59 V$$

Flukelle saadaan jännitteeksi samaa kaavaa (KAAVA 5) käyttäen, 7,90 V. Toinen tapa on kertoa pääjännite 63 %:lla jolloin saadaan aikavakion kuluneen ajan kohdalla oleva kondensaattorinjännite. Tällöin saadaan jännitteiksi 7,56 V ja 7,88 V. Lasketuilla arvoilla on siis hieman eroavaisuutta. Kytkennälle voidaan laskea vielä piirissä kulkevan virran arvo teoreettisesti. Virran arvo voidaan laskea käyttämällä ohminlakia (Kaava 3). Seuraavaksi on laskettu esimerkkinä Agilentin videon arvoilla kytkennän hetkellinen virta.

$$I = \frac{12 \text{ V}}{2000 \Omega} = 6 \text{ mA} \quad (3)$$

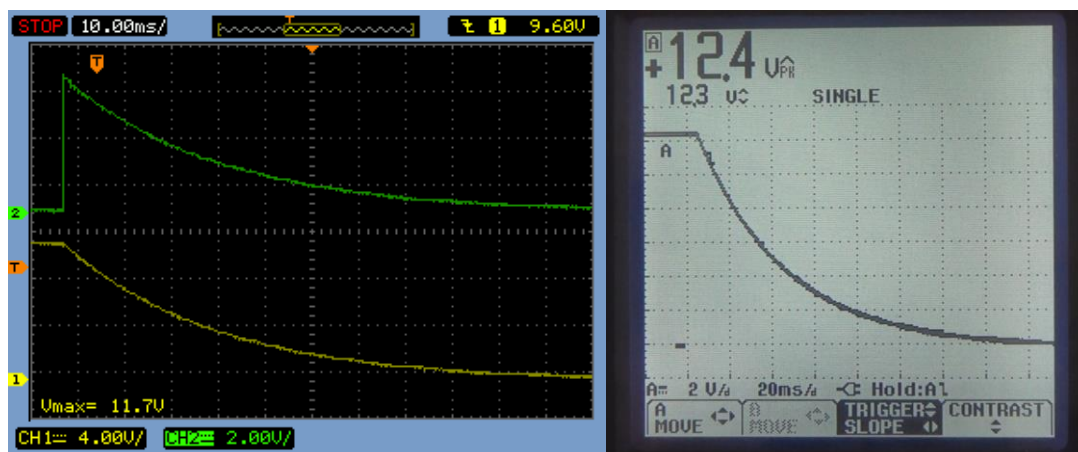
Fluke 123:n alkuarvoilla saatiin virran hetkelliseksi arvoksi 6,25 mA. Seuraavaksi voidaan tutkia mitä tuloksia Agilentilla ja Fluke 123:lla saatiin kytkennästä ja vertailla niitä teoreettisiin arvoihin. Alla on esitetty oskilloskooppien mittaussignaalit, joista voidaan nähdä kuinka jännite käyttäytyi kondensaattorin ja vastuksen yli (KUVA 25).



KUVA 25. RC-piirin muutosilmiön jännite- ja virtakäyrä kytkentymistilanteessa Agilentilla (vasen) ja Flukella (oikea)

Agilentin kuvassa vihreä signaali on vastuksen yli oleva jännite kytkentymisen hetkellä ja keltainen signaali kondensaattorin yli oleva jännite. Fluke 123:n kuvassa alempi käyrä on jännitteen ja ylempi vastuksen. Oskilloskoopin kuvasta voidaan nähdä jännitteiden käyttäytyvän teoriassa esitettyjen käyrien mukaan (KUVA 1). Oskilloskooppien kuvista voidaan tarkastaa 16 ms ja 20 ms kohdilta kuinka suuri kondensaattorin jännite on aikavakion hetkellä. Tämän pohjalta voidaan verrata mittausta ja teoriaa. Agilentin keltaisesta signaalista saadaan 16 ms kohdalta 7,6 V jännite (KUVA 25). Fluken alemmasta jännitekäyrästä saadaan 20 ms kohdalta 7,5 V. Saadut tulokset ovat erittäin lähellä teoreettisia lukemia. Virran huippuarvoiksi saatiin, vastuksen yli olevista jännitteenkäyristä, molemmille oskilloskoopeille sama tulos 6 mA. Tulokset voi kuitenkin heittää paljon, koska näytön pystyakselin asteikko on melko suuri kytkennän jännitteeseen nähden, joten kuvasta on hieman hankala määrittää jännitettä tietyllä ajanhetkellä.

Muutosilmiöstä kytkimen aukaisun jälkeen otettiin myös molemmissa videoissa oskilloskoopeilla kuvat (KUVA 26). Oskilloskoopissa oli samat asetukset kuin kytkentätilanteen kuvassa ja jännitteiden värit olivat samat. Alla on esitetty kondensaattorin aiheuttaman muutosilmiö katkaisimen avautuessa.



KUVA 26. RC-piirin muutosilmiö jännite- ja virtakäyrä katkaisutilanteessa Agilentilla

Oskilloskoopein näyttöjen kuvista (KUVA 26) voidaan taas nähdä, että jännitteen käyttäytyvät teorian mukaan (KUVA 2). Katkaisu tilanteessa on laskettava kytkennän aikavakio uudestaan. Piirin kytkimen auettua, kytkennän vastukset ja kondensaattori muodostavat suljetun virtapiirin (KUVA 6), jossa on kaksinkertainen resistanssi verrattuna normaaliin tilanteeseen. Tästä johtuen myös piirin virta puolittuu resistanssin kasvun vuoksi. Purkaustilanteessa kytkennän aikavakioksi muodostuvat 32 ms ja 40 ms.

Katkaisu tilanteessa aikavakio kuvaa sitä aikaa minkä kuluessa jännite on saavuttanut 37 % maksimijännitteestään. Aikavakion hetkellä olevan jännite voidaan laskea kertomalla kondensaattorin alkuhetken jännite 37 % tai käyttämällä kaava 6. Kaavassa 6 olevan kondensaattorin alkujännite on oskilloskooppien tapauksissa 11,7 V ja 12,4 V (KUVA 26). Tiedettäessä kaikki kaavan 6 arvot voidaan laskea jännitteen hetkellinen arvo, aikavakion kohdalta, esimerkkinä Agilentin mittauksen arvoille.

$$U_C = 11,7 \text{ V} e^{-\frac{32 \text{ ms}}{32 \text{ ms}}} = 4,30$$

Fluken mittauksen arvoilla saadaan laskettua 4,56 V aikavakion hetkellä olevaksi jännitteeksi. Prosentilla kertomalla saadaan jännitteiden arvoiksi 4,44 V ja 4,59, joten jälleen

on pientä heittoa kahden laskentamenetelmän välillä. Agilentin näytöltä (KUVA 26) tarkastellessa saadaan 32 ms kohdalta kondensaattorin yli olevaksi jännitteeksi 4,4 V, ja Fluken mittaussignaalista 40 ms kohdalta 4,6 V. Purkaustilanteessa jännitteiden arvot ovat lähempänä teoreettisia arvoja kuin kytkemistilanteessa. Tuloksia kohtaan kannattaa olla kriittinen, sillä ne ovat liian lähellä teoreettisia arvoja. Agilentilla mittajohtimen väärä asento tai liittimen huono kiinnitys voi vaikuttaa paljon mittaustuloksiin. Joskus voi käydä niin, että mittajohtimen takia mittaustulos on oikea, vaikka kytkennässä ei pitäisi saada sellaisia tuloksia.

6 YKSIVAIHEINEN KYTKENTÄ

Seuraavassa opetusvideosarjassa keskityttiin vaihtosähkökytkennän tekemiseen ja siinä käytettyjen mittalaitteiden oikeaan kytkemiseen. Videoissa painotettiin kytkennän oikeaan tekemisjärjestykseen, selkeyteen ja turvalliseen työskentelyyn. Opetusvideot kuvattiin TAMK:n sähkölaboratoriossa.

6.1 Kytkennän tekeminen

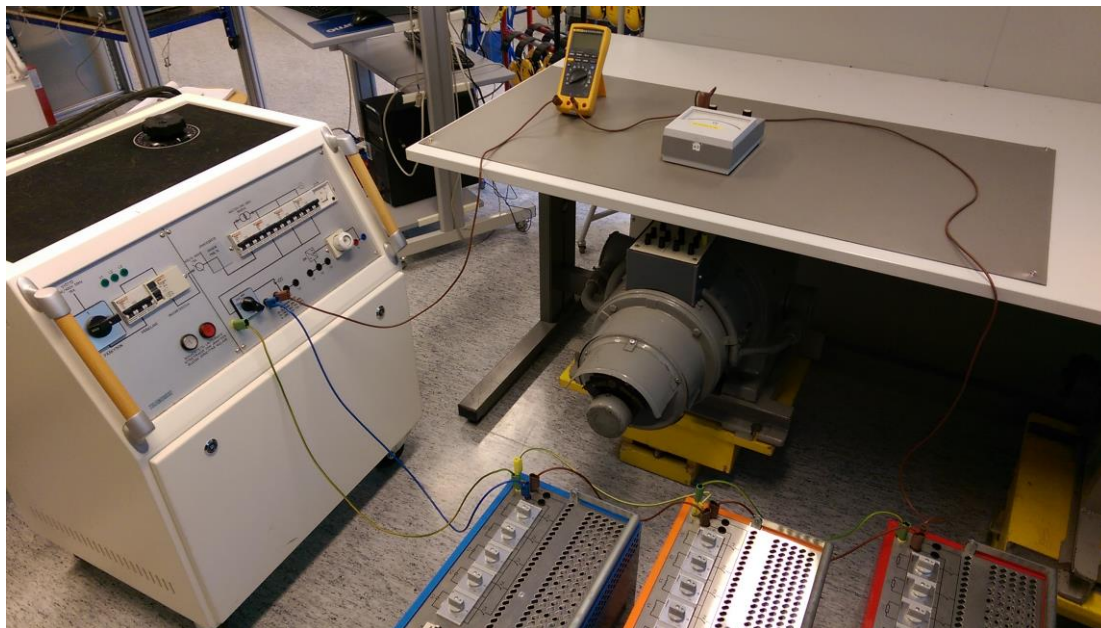
Yksivaiheisen kytkennän opetusvideossa keskityttiin ensimmäisenä kytkennän oikeaoppiseen tekemiseen. Videolla esitettiin oikea kytkemisjärjestys ja siihen liittyviä tärkeitä asioita. Videossa kuvattiin aluksi kytkentä valmiiksi tehtynä, jonka jälkeen siirryttiin esittämään kytkemisjärjestystä ja mittareiden kytkemistä kytkentään. Yksivaiheisenkytkennän opetusvideon etenemisjärjestys oli:

- tehtiin kytkennän virtareitti ja siihen liittyen johtimien oikeat värit
- kytkettiin yleismittarit mittaamaan jännitettä
- kytkettiin Fluke 123 oskilloskooppi mittaamaan kytkennän jännitteen ja virran aaltomuotoja
- analogisen tehomittarin kytkeminen piiriin
- kytkennän tarkistus ja jännitteiden kytkeminen kytkentään

Kytkennän tekeminen aloitettiin piirikaaviossa (KUVA 12) esiintyvän virtareitin tekemisellä. Virtareitti kulkee videolla olevassa kytkennässä aluksi virtamittarin läpi tehomittarille, jonka jälkeen passiivisten komponenttien läpi ja päättyen jännitelähteen nollapisteeseen. Ennen kytkennän tekemistä on huolehdittava, että mittauksessa käytetyn jännitelähteen kytkin on nolla asennossa ja jännitekärryn tapauksessa jännitekärkyä ei ole kytketty verkkovirtaan.

Virtareitin johtimien väri on kytkennän kondensaattorille asti ruskea ja vaihtuu sen jälkeen siniseksi. Lisäksi videossa käytetyt passiiviset komponentit tarvitsevat maadoituksen. Maadoitus voidaan kytkeä sarjaan komponenttien välillä ja lopuksi kytkeä viimeinen johto jännitekärryn maahan. Johtimen värinä käytetään maadoituksessa vihreäkeltaistajohdinta. Johdinvärien ollessa kunnossa on laboratoriotöiden valvojan helppo tarkastaa tehty kytkentä. Lisäksi on myös huolehdittava, että käytetyt johtimet ovat oikean pituiset.

Liian lyhyet tai pitkät johtimet aiheuttavat tehtyyn mittauskytkentään epäselvyyttä ja jos-sain tapauksissa myös turvattoman työskentely ympäristön. Valmis virtareitti on selkä ja siisti kokonaisuus (KUVA 27)



KUVA 27. Yksivaihekytkennän virtareitti ja passiivisten komponenttien maadoitus tehtynä

Virtareitin (KUVA 27) ollessa valmis videossa oli seuraavana vaiheena yleismittareiden kytkeminen kytkentään ja oikean mittausalueen asettaminen. Edellisessä kappaleessa mainittiin jo virtamittarin kytkeminen kytkentään. Virran mittauksessa yleismittarilla johtimet kytketään mittarin A- tai mA-liittimeen ja COM-liittimeen (KUVA 28).



KUVA 28. Fluke 87 IV yleismittarin virranmittauksen kytkentä

Yleismittarissa sisääntulot ovat punaiset liittimet ja ulostulo musta liitin. Virranmittauksessa on tärkeää valita oikea sisääntulon mitta-alue. A-liitintä käytetään suurissa virranmittauksissa ja mA-liitintä pienemmissä virran tapauksissa. Jos valitsee väärän sisääntulon voi seurauksena olla vääristyvät mittaustulokset tai pahimmassa tapauksessa mittarin sulakkeen rikkoutuminen. A-liittimen sisääntulolla voi mitata maksimissaan 10 A virran ja mA-liittimellä 400 mA virran. Kun johdot on kytketty oikeisiin liittimiin, asetetaan yleismittari mittaamaan vaihtovirtaa valintapyörästä. Lisäksi tulee valita vaihtovirranmittaus eikä tasavirranmittausta. Mittarin näytöltä voidaan nähdä, kumpi mittaustoimintoista on käytössä. Vaihtosähkömittauksen merkinä on AC ja tasasähkömittauksen DC. Yleismittarin mitatessa virtaa on mittarin sisäinen resistanssi mahdollisimman pieni. Tällöin mittari ei muuta kytkennän virran suuruutta juuri ollenkaan ja kytkennästä saadaan oikea tulos.

Virtamittarin ollessa kytkettynä oikein on seuraavaksi videolla aiheena jännitemittarin oikeaoppinen kytkeminen. Yleismittarilla mitattaessa jännitettä kytketään johdot liittimiin V ja COM. Samalla liittimien kytkennällä voidaan mitata mittarista riippuen lämpötilaa, diodin johtavuutta tai vastuksen resistanssia.



KUVA 29. Fluke 189 yleismittarin kytkeminen jännitteenmittaukseen

Jännitettä mitattaessa käytetään punaista ja mustaa johdinta (KUVA 29). Punainen johdin on sisääntulon väri ja musta ulostulon. Jännitemittari kytketään mittauskytkennässä tutkittavan komponentin tai kytkennän kohdan rinnalle (KUVA 12). Yleismittarin mitatessa jännitettä on mittarissa tällöin mahdollisimman suuri sisäinen resistanssi. Tällöin jännite ei muutu liikaa, mutta virta ei pääse kulkemaan mittarin lävitse juuri ollenkaan. Jos jännitteen mittauksen yhteydessä yleismittarin asettaa virranmittausalueelle voi seurauksena olla oikosulku kytkennässä, koska virta pääsee tällöin kulkemaan virtareittiä jossa on pieni resistanssi. Kuten virranmittauksen tapauksessa on tärkeää muistaa valita yleismittari mittaamaan vaihtojännitettä eikä tasajännitettä.

Seuraavana kytkettävänä mittarina oli opetusvideossa vuorossa Fluke 123 Scopemeterin. Oskilloskoopilla tutkittiin kytkennästä jännitteen ja virran aallonmuotojen käyttäytymistä. Fluke 123 A-tuloon kytkettiin jännitteenmittaus ja B-tuloon virranmittaus (KUVA 30). Virtaa mitattiin kytkennästä Fluken virtapihdillä (KUVA 30). Virtapihdillä voidaan mitata vaihtosähkövirtaa, mutta ei tasasähkövirtaa. Oskilloskoopin asetuksissa on huomioitava virtapihdin vaimennuskertoimen asettelu. Valittavana on virtapihdissä vaimennuskertoimeksi 100 mV/A tai 10 mV/A.

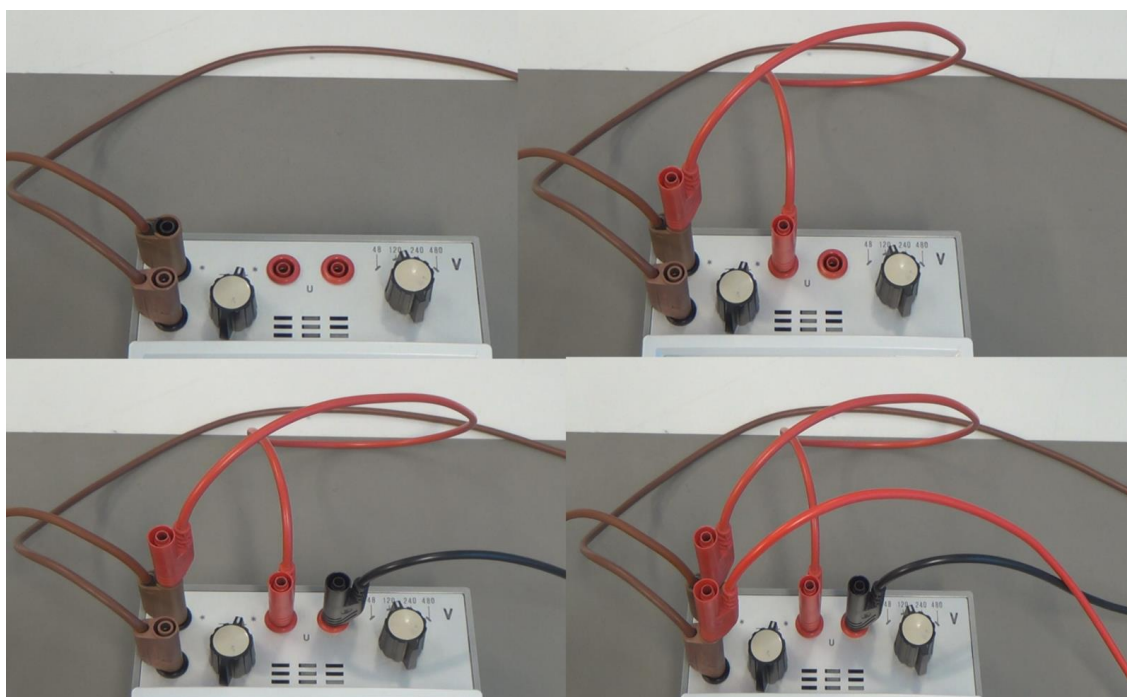


KUVA 30. Fluke 123 oskilloskooppi kytkettynä sekä virtapihti

Oskilloskoopin kytkemisen jälkeen (KUVA 30) oli vuorossa analogisen tehomittarin kytkeminen. Analogisen tehomittarin kytkemisessä voi olla hieman hankalaa, joten opetus-

videossa esitettiin tarkasti kuinka mittari kytketään osaksi kytkentää. Videossa on jo aikaisemmin näytetty tehomittarin virranmittauksen kytkeminen, joten tässä osuudessa näytettiin mittarin lopullinen kytkeminen.

Ensimmäisenä videossa kytketään tähdellä merkityt jännitteen ja virran liittimet toisiinsa punaisella johdolla (KUVA 31). Punaista johtoa käytetään, koska kyseessä on jännitteen mittausta. Tämän jälkeen kytketään mustalla johtimella tehomittarin tähdettömästä liittimestä kondensaattorin toisiopuolelle jännitteen mittausta (KUVA 31). Näin yksinkertaisesti saatiin analoginen tehomittari osaksi kytkentää.



KUVA 31. Analogisen tehomittarin kytkennän tekeminen

Analogisen tehomittari kytkemisen jälkeen mittauskytkentä on valmis tarkistettavaksi (KUVA 32). Valvoja tarkastaa tämän jälkeen kytkennän oikeellisuuden ja antaa luvan kytkeä sähköt päälle kytkentään. Jännitteet laitetaan päälle järjestyksessä keskukselta aluksi pääkytkin kiinni asentoon, jonka jälkeen voidaan videon tapauksessa kytkeä jännitekärriä päälle ja painaa vielä virta päälle 1-näppäimestä. Tämän jälkeen jännitettä nostetaan hitaasti kärryssä olevasta potentiometristä haluttuun jännitteeseen. Tämän jälkeen voidaan mittauskytkennästä mitata halutut suuret yleismittareista, tehomittarista ja oskilloskoopista.



KUVA 32. Valmis RLC-kytkentä

Videossa edellä mainitut asiat esitetään kytkemisjärjestyksessä alkaen virtareitin tekemisestä päättyen jännitteen kytkemiseen kytkentään. Opetusvideossa näytetään kaikki kohdat selkeästi ja pyritään antamaan katsojalle kuva kuinka oikealla toiminnalla voidaan taata turvallinen työskentely ja mittauksien sujuvuus. Videossa tärkeitä kohtia ovat joh-tojen oikeat värit, etenkin virtareitillä, yleismittareiden oikea kytkeminen haluttuun mit-taukseen, analogisen tehomittarin kytkeminen oikein ja oikea turvallinen työjärjestys.

6.2 Teoriaan vertailu

Videolle tehdylle yksivaihekytkennälle oli tarkoitus tehdä oikeellisuuden todentava mit-taus, jolla pyrittiin antamaan todellisuutta videon kytkennälle. Mittauksessa oli tapahtu-vana ilmiönä sarjaresonanssi, jossa kytkennän kelan ja kondensaattorin reaktanssit olivat yhtä suuret. Tällöin kytkennän impedanssi on vastuksen suuruinen eli pienin mahdollinen ja kytkennässä kulkee tällöin maksimivirta. Mittauksen passiivisten komponenttien arvot on esitetty alla olevassa taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Sarjaresonanssin passiivisten komponenttien suuruudet

$R \text{ (}\Omega\text{)}$	$X_L \text{ (}\Omega\text{)}$	$X_C \text{ (}\Omega\text{)}$
480	640	640

Mittauksen pääjännite oli 130 V yksivaiheista vaihtosähköä. Kytkennälle voidaan laskea ensimmäisenä siinä kulkevan päävirran suuruus. Virran arvo voidaan laskea teoriassa esitetyn kaavan 11 avulla ja kaavassa olevan impedanssin arvo kaavalla 8.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{130 \text{ V}}{\sqrt{(480^2 + (640 - 640)^2)}} = 0,271 \text{ A}$$

Kytkenässä käytettiin analogista tehomittaria (KUVA 32), jolla voitiin mitata kytkennän pätötehoa. Pätöteho muodostuu vastuksen kuluttamasta tehosta. Kytkennän sarjaresonanssin takia kytkennän ei pitäisi teoriassa muodostaa yhtään loistehoa jolloin kytkentä kuluttaa ainoastaan pätötehoa. Tässä tapauksessa voidaan kytkennän kuluttama pätöteho laskea äskettäin saadun kokonaisvirran avulla, koska kytkennän impedanssi on vastuksen suuruinen. Pätöteho voidaan laskea tällöin seuraavalla tavalla (KAAVA 12).

$$P = IU = 0,271 \text{ A} \cdot 130 \text{ V} = 35,21 \text{ W} \quad (12)$$

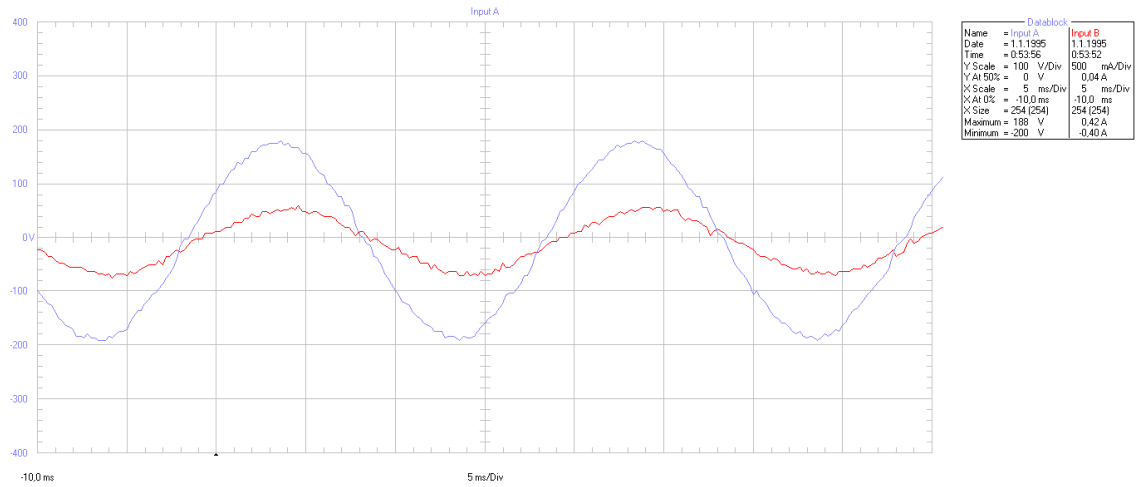
Alkuarvoilla laskettujen virran ja tehon jälkeen voidaan tutkailla mitä videossa tehdyn mittaussytkentä antoi mittaustuloksiksi. Kytkennässä (KUVA 12) oli kytkettynä Fluken yleismittareita mittaamaan päävirtaa, pääjännitettä sekä vastuksen, kelan ja kondensaattorin yli olevia jännitteitä. Lisäksi, kuten aiemmin mainittiin, oli kytkennässä analoginen tehomittari mittaamassa pätötehoa. Tehomittarin jännitealueeksi asetettiin 120 V, jolloin mittarin näyttämä lukema kerrottiin 5:llä jotta saatiin oikea lukema. Fluke 123 oskilloskoopilla pystyttiin tarkkailemaan virran ja jännitteen käyttäytymistä sekä mittaamaan kytkennän pääjännitettä, virtaa ja tehokerrointa. Sarjaresonanssin kytkennästä saatiin taulukossa 5 esitetyt mittaustulokset.

TAULUKKO 5. Yksivaihekytkentävideon mittaustulokset

I (A)	U_K (V)	U_R (V)	U_L (V)	U_C (V)	P (W)	U_{Fluke} (V)	I_{Fluke} (A)	$\cos\varphi$
0,219	130,4	103,5	166,6	136,5	30	129,1	0,217	0,98

Alkuarvoilla laskettuihin tuloksiin on pientä eroavaisuutta mittaustuloksilla (TAULUKKO 5), joka johtuneen passiivisten komponenttien kulumisesta tai johtimien aiheuttamasta häiriöstä ja häviöistä. Kyseessä oli resonanssiipiiri, joten kytkennässä olevan te-

hokertoimen pitäisi olla yksi. Tämä ei kuitenkaan mittaustulosten perusteella pidä paikkansa vaan Fluke 123 oskilloskoopilla saatiin mitatuksi jännitteen ja virran vaihe-eroksi 0,98. Alla (KUVA 33) on esitetty Fluke 123 mittaamat aaltomuodot.



KUVA 33. Fluke 123 oskilloskoopilla mitattu jännitteen- ja virranaaltomuodot

Kuvassa 33 nähtävä sininen aalto on kytkennän jännite ja punainen kytkennän virta. Aalloista voidaan nähdä kytkennässä vaikuttava vaihe-ero. Täydellisessä tilanteessa jännitteen ja virran nollakohtien pitäisi olla samassa kohtaa, mutta mittauksen tilanteessa jännite on hieman virtaa edellä. Tällöin piirin impedanssi on induktiivinen eli kytkennän induktiivinen reaktanssi on suurempi.

7 SUURJÄNNITELABORATORIO

Suurjännitelaboratorioon suunnattuja videoita suunniteltiin tehtäväksi kolme kappaletta. Aiheiksi valikoitui työmaadoituksen tekeminen ja poistaminen, ohjaus- ja mittalaitteen käyttö ja oskilloskoopin käyttö suurjännitelaboratoriossa. Videot kuvattiin Tampereen ammattikorkeakoulun sähkötekniikan lehtori Heikki Tarkiaisen kanssa. Videoiden tarkoituksena on valmentaa opiskelijaa suurjännitelaboratorion laitteisiin, kehittää turvallista työskentelytapaa ja helpottaa opettajan työtaakkaa.

7.1 Työmaadoitus

Ensimmäiset kuvatut videot käsittelivät työmaadoituksen tekemistä ja poistamista suurjännitelaitteistolle. Työmaadoituksen tekeminen on tärkeää oppia hyvin, koska puutteellinen maadoituksen tarkastaminen voi johtaa vaaralliseen lopputulokseen opiskelijalle. Videossa painotettiin turvallista ja oikeanlaista työskentelytapaa. Videossa kuvausympäristönä oli TAMK:n suurjännitelaboratorio, jossa oli tehty koestuskytkentänä Marxin monikertakytkentä (KUVA 34), jolla tutkiin syöksyjännitteen vaikutusta ilmaan pallokipinävälillä. Kytkentää käytettiin, koska se sisälsi useita mahdollisesti jännitteisiä komponentteja, jolloin työmaadoittamisessa täytyy ottaa huomioon monia riskitekijöitä.



KUVA 34. Koestustilan syöksyjännitekytkentä ja maadoitussauva

7.1.1 Työmaadoituksen tekeminen

Työmaadoituksenvideossa tarkoituksena oli näyttää oppilaille, kuinka työmaadoitussauvaa käytetään oikein, mitkä mahdollisesti jännitteiset osat on tarkastettava mittausskytkennästä ja oikeanlainen työjärjestys. Näiden kolmen asian hallitseminen takaa opiskelijalle luotettavan ja turvallisen työskentelyn suurjännitelaboratorioon.

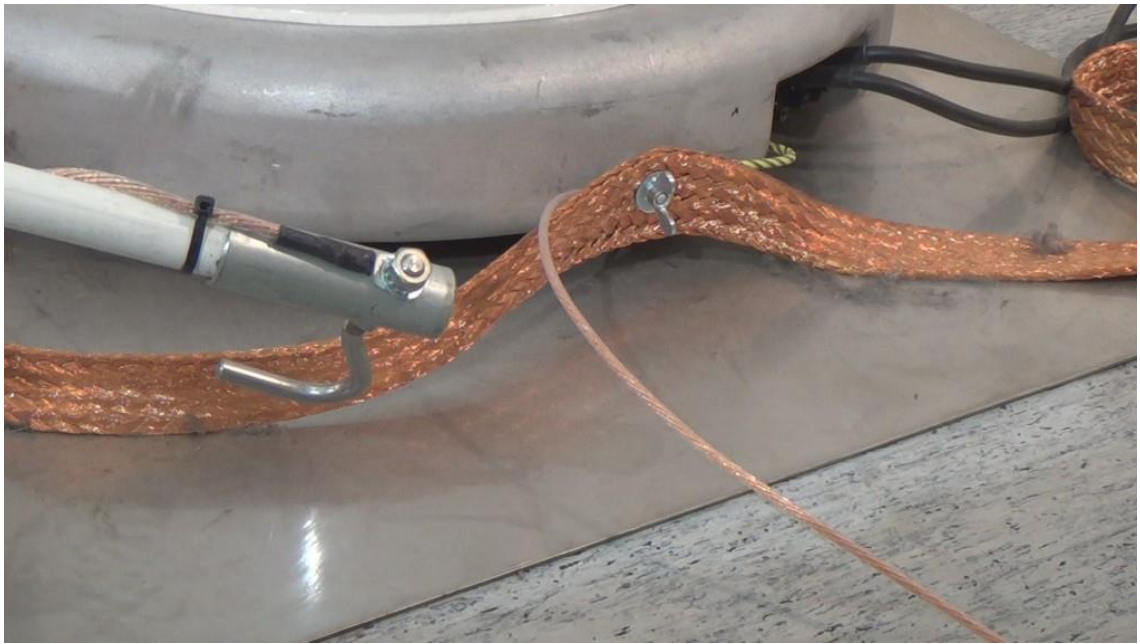
Videolla asiat esitetään työjärjestyksessä eli siinä järjestyksessä missä oikeassakin mitaustilanteessa työmaadoitus tehdään. Työjärjestykseksi muodostuu tällöin:

- ohjauslaitteesta jännitteen kytkeminen pois
- suurjännitetilän oven avaaminen
- jännitteen katkaiseminen suurjännitetilän keskuksesta
- työmaadoitussauvan kunnon tarkastaminen ja oikeanlainen käsittely
- mahdollisesti jännitteellisten osien koskettelu maadoitussauvalla
- työmaadoitussauvan asettaminen lepoasentoon

Ensimmäisenä kohtana videossa oli suurjännitelaitteiston jännitteen kytkeminen pois. Tämä tapahtui kytkemällä ohjauslaitteesta (KUVA 15) jännitteet pois kääntämällä avainnolla asentoon. Ohjauslaitteen avainta täytyy aina pitää mukanaan työnvalvojana olevan opiskelija, jotta voidaan taata turvallinen työskentely ympäristö kaikille tilassa oleville.

Seuraavaksi videolla siirrytään koestustilaan. Koestus- ja mittaustilan ovi pitää auki koajan kun työskennellään koestustilassa. Tämän avulla jokainen tietää, että koestuslaitteiston tilassa on opiskelijoita työskentelemässä. Koestustilassa täytyy ensimmäisenä katkaista suujännitetilankeskukselta jännitteet. Tällöin saadaan lopullisesti jännitteet pois tilasta. Seuraavaksi videolla siirrytään maadoitussauvan käyttöön.

Maadoitussauvan avulla pystytään tarkistamaan helposti koestuskytkennän jännitteettömyys. Maadoitussauva on valkoinen sauva, jossa on toisessa päässä metallinen koulu, jolla kosketellaan metallisia osia koestuslaitteistosta. Koukku on yhdistetty kuparijohtimella muuntajassa sijaitsevaan maadoituspisteeseen. Ennen maadoitussauvan käyttämistä on hyvä tarkistaa, että sauvan ja maadoituspisteen välinen johto on ehjä sekä molemmat päät ovat kunnolla kiinni (KUVA 35).



KUVA 35. Työmaadoitussauvan koetinpää sekä muuntajan maadoituspiste

Kun johdon kunto ja liittimet on tarkastettu, voidaan siirtyä maadoitussauvan oikeaoppiseen käyttöön. Videolla näytetään käsien oikea paikka sauvalla ja mahdolliset huomautukset. Käsien paikka sauvalla on sinisellä alueella ja mustan muovisen merkin toisella puolella (KUVA 36). Mustan suojan tarkoituksena on estää käsien joutumisen väärälle puolelle ja näyttää käsien oikea sijainti sauvalla. Jos sauvasta otetaan valkoiselta alueelta kiinni voi mahdollinen kytkennässä oleva jännite purkautua työmaadoitusta tekevän henkilön kautta. Videolla pyrittiin esittämään edellä mainitut asiat selkeästi ja tarkasti. Maadoitussauvan oikea käyttö on todella tärkeä työskentelyn kannalta suurjännitelaboratoriossa. Vääräntyömaadoitussauvan käytöllä voidaan aiheuttaa monenlaisia vaaratilanteita niin opiskelijoille kuin valvojalle.



KUVA 36. Käsien sijainti työmaadoitussauvalla

Seuraavaksi videolla esitettiin kuinka maadoitussauvalla todettiin koestuskytkennän jännitteettömyys. Jännitteettömyys on hyvä todeta kaikista mahdollisesti jännitteisistä paikoista. Mahdollisia jännitteisiä kohtia voi olla muuntajan metalliosat ja kytkennän kondensaattorit. Jännitteettömyyden toteaminen on hyvä aloittaa jännitteen syöttösuunnasta eli muuntajasta ja siirtyä tästä laitteistoa vasemmalle päin. Maadoitussauvan metallisella koukulla kosketetaan hitaasti ja rauhallisesti muuntajan metallisia osia. Muuntajasta siirtään koestuskytkennän kondensaattoreihin. Kondensaattoreita kosketellaan oikealta vasemmalle ja sen jälkeen keskeltä maadoituskytkimen vierestä ja lopuksi takaa kahdesta kondensaattorin pisteestä. Tämän jälkeen asetetaan maadoitussauva nojaamaan koestuskappaletta lähimpänä olevaan kondensaattoriin (KUVA 37). Sauvan asettamisessa on tärkeä huomioida, että sauvan koukku asettuu kiinni kondensaattorin metalliosaan eikä jää ilmaan roikkumaan. Maadoitussauvan ollessa kunnolla asettautunut kytkennän kondensaattoriin on kytkennän jännitteettömyyden tarkastaminen valmis.



KUVA 37. Maadoitussauva lepoasennossa työmaadoittamisen jälkeen

Opetusvideossa esitettiin jännitteettömyyden tarkastaminen siinä järjestyksessä missä se tehdään oikeassakin mittaustilanteessa. Lisäksi videolla pyrittiin keskittymään tarkasti tärkeisiin kohtiin kuten käsien oikeaan sijaintiin maadoitussauvalla, sauvan ja maadoituspisteen väliseen yhteyteen ja kokeiltavien paikkojen sijaintiin kytkennässä. Sauvan ja maan välisen johdon tarkastaminen voi unohtua moneltakin, koska on helppo olettaa, että kaikki välineet ovat hyvässä kunnossa ennen paikalle saapumista.

7.1.2 Työmaadoituksen poistaminen

Seuraavaksi opetusvideolla käsitellään kuinka edellisessä luvussa tehty työmaadoitus puretaan. Työmaadoitukseen poistamisessa oli vähemmän vaiheita kuin työmaadoituksen tekemisessä, mutta tärkeitä asioita olivat maadoitussauvan laittaminen oikein sille tarkoitettuun telineeseen, jännitteenkytkeminen takaisin keskuksesta ja suurjännitelaitteiston tilan sulkeminen. Opetusvideossa kuvattiin edellä mainitut kohdat jälleen työjärjestyksessä ja mahdollisimman selkeästi jotta opiskelijat saisivat tarkan kuvan kuinka oikeaoppinen mittauksen aloittaminen tehdään.

Työmaadoituksen poistaminen aloitettiin ottamalla maadoitussauva varovasti pois kondensaattorin päältä. Jos sauvan ottamisessa pois ei noudateta huolellisuutta voi kondensaattorin metallinen pää irrota ja tippua lattialle. Maadoitussauva asetetaan sille kuuluvaan telineeseen pidikkeiden väliin. Sauvan asettamisessa on huolehdittava, että sauvan päässä oleva koukku asettuu telineessä olevan kuparisen pidikkeen päälle niin, että koukku menee kuparilevyjen väliin (KUVA 38) eikä niiden päälle tai ohitse.



KUVA 38. Työmaadoitussauvan koukku telineessä

Maadoitussauvan ollessa sille tarkoitetussa telineessä voitiin suurjännitelaboratorioon kytkeä jännitteet päälle samasta paikkaa josta se oli laitettu pois päältä. Tämän jälkeen kaikki suurjännitetilassa olevat henkilöt poistuvat huoneesta ja huoneen ovi laitetaan kiinni. Tämän jälkeen ohjauslaitteeseen voidaan kytkeä avain takaisin ja mittaukset voidaan aloittaa. Avaimen ollessa kiinni ohjauslaitteessa ei suurjännitetilaa saa avata

missään tilanteessa. Tällä pyritään takamaan läsnäolevien turvallisuus. Näin suurjännite-laboratorion työmaadoituksen tekeminen ja poistaminen oli saatu videoitua.

7.2 Ohjaus- ja mittalaitteisto

Seuraavassa opetusvideossa keskityttiin suurjännitetilassa käytettävän ohjaus- ja mittalaitteen käyttöön (KUVA 15). Laitteisto kokonaisuus koostuu kahdesta osasta, ylempänä olevasta suurjännitelaitteiston ohjauspaneelist ja alempana olevasta mittalaitteistosta. Videossa ensimmäisenä osuutena oli mittalaitteiston asettelu sekä käyttäminen ja toisena osuutena ohjauslaitteen käyttö. Videon tarkoituksena oli selventää opiskelijoille laitteiston käyttämistä ja tarkoitusta sekä tehostaa laboratoriotyöskentelyä.

7.2.1 Mittauslaitteisto

Mittalaitteiston opetusvideossa paneuduttiin laitteen asetteluun ja tärkeimpien hallintäppäimien sijainteihin. Videossa edettiin seuraavassa järjestyksessä:

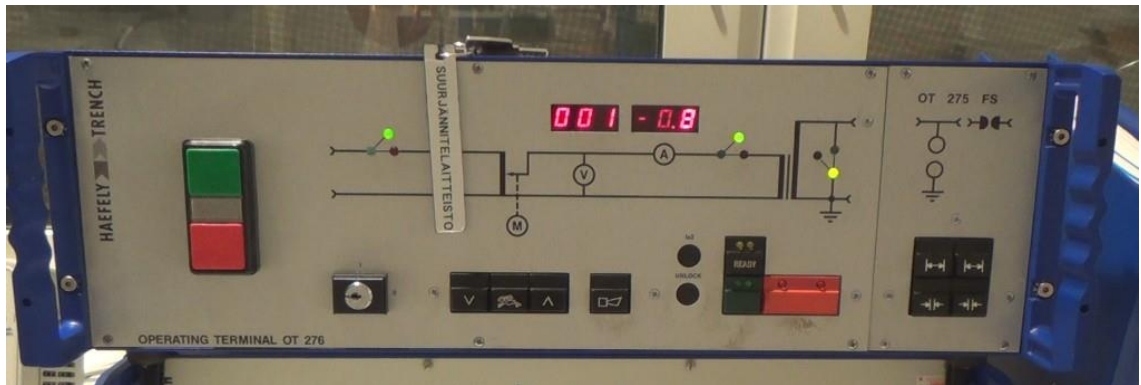
- asetusvalikkoon siirtyminen päänäköymästä Setup-painikkeella
- tasajännitemittauksen mittauskertoimen asettelu numeronäppäimillä ja kertoimen hyväksyminen
- vaihtosähkömittauksen mittauskertoimen asettelu
- impulssijännitteenmittauksen mittauskertoimen asettelu
- päänäköymään palaaminen Display-näppäimellä



KUVA 39. Suurjännitetilän mittalaitteen etupaneeli

Videossa siirrytään ensimmäisenä asetusvalikkoon näppäimistön setup-painikkeella (KUVA 39). Eri mittauskertoimien asetteluun voidaan siirtyä painamalla näytön vieressä olevia F-näppäimiä (KUVA 39). Jokaisessa valikossa asetetaan mittauskertoimet asettamalla valkoinen valintalaatikko kertoimen päälle, jonka jälkeen voidaan näppäillä kertoimen arvo numeropainikkeilla. Arvo hyväksytään painamalla alanuolinäppäintä. Kertoimien arvot saadaan sinisestä laitteiston käyttöohjekansioista, joka löytyy mittalaitteiston vierestä. Kertoimien ollessa kunnossa voidaan mittalaitteella siirtyä mittaustilaan painamalla Display-näppäintä, jonka jälkeen näytölle ilmestyy All -kohdan vierestä näppäintä F3.

7.2.2 Ohjauslaitteisto



KUVA 40. Koestustilan ohjauslaitteiston etupaneeli

Seuraavaksi videossa oli vuorossa ohjauslaitteen käyttäminen (KUVA 40). Ohjauslaitteen käytössä kiinnitettiin huomiota oikeanlaisesta työskentelyjärjestyksestä ja turvallisuus asioihin joita täytyi huolehtia mittauksen aikana. Videolla esitettiin asiat seuraavassa järjestyksessä:

- ohjauslaitteiston käyttösähkön kytkeminen paneelin vihreästä painikkeesta sekä äänimerkin soittaminen torvipainikkeesta
- ohjauslaitteen kytkeminen päälle laitteiston avaimella
- maadoituksen avaaminen Ready-painikkeella
- ensiöpuolen katkaisimen kytkeminen kiinni Ready-painikkeen alapuolella olevasta vihreästä painikkeesta
- Jännitteen nostaminen ja laskeminen muuntajan toisiopuolelta nuolipainikkeilla sekä nousunopeuden säätäminen apupaneelin potentiometrillä

- jännitteen kytkeminen pois ensiöpuolelta Ready-painikkeen alapuolella olevasta punaisesta painikkeesta sekä maadoituksen kytkeytymisen tarkistaminen
- ohjauslaitteiston sammuttaminen laitteiston avaimella

Torven soittaminen, ennen ohjauslaitteen kytkemistä päälle, on tärkeää tehdä aina tilassa työskennellessä. Varoitusaänen kuultua kaikkia opiskelijat ja opettajat tietävät, että suurjännitetilassa tehdään mittauksia. Ennen jännitteen kytkemistä muuntajan ensiöpuolelle painetaan ohjauslaitteen Ready-painiketta. Ready-painike avaa koestuskytkennässä olevan maadoituksen. Ready näppäimen alapuolella olevasta punaisesta näppäimestä kytkeytyy suurjännitelaitteistoon maadoitus päälle takaisin. Molemmissa tapauksissa on hyvä tarkistaa katsomalla, vapautuiko tai kytkeytyikö maadoitus kytkennästä.



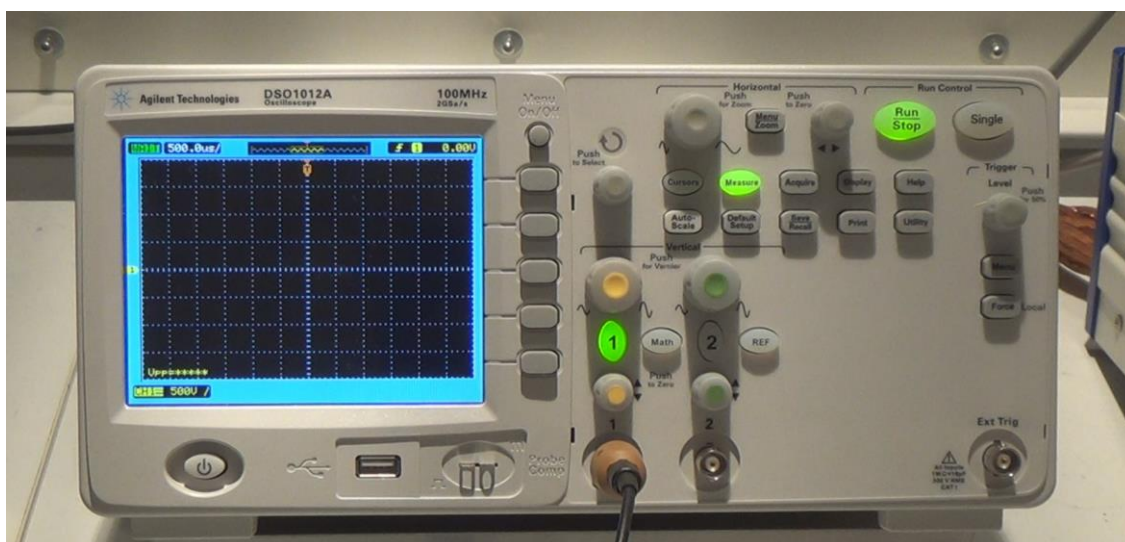
KUVA 41. Jännitteen nousunopeuden säätämisen potentiometri

Jännitteen nousunopeutta voidaan säätää erillisestä potentiometrillä (KUVA 41), joka sijaitsee ohjauslaitteen vieressä olevassa apupaneelissa. Nousunopeutta kannattaa säätää mittauksen mukaan, jossain mittauksissa tarvitaan nopeaa jännitteen nousua ja jossain hidasta. Nousunopeuteen voidaan myös vaikuttaa ohjauslaitteessa olevalla jänispainikkeella (KUVA 40). Jänispainiketta ja nuolinäppäintä yhtä aikaa painamalla voidaan jännitteen nousunopeutta nopeuttaa huomattavasti. Tätä toimintoa saa käyttää vain työnvalvojan luvalla. Jännitteen laskeminen tapahtuu alaspäin osoittavasta nuolinäppäimestä. Kun jännite on saatu asetettua haluttuun arvoon voivat opiskelijat tehdä halutut mittauksensa.

Työhön määrätyn valvojan on aina pidettävä suurjännitelaitteiston ohjauspaneelin avainta mukanaan, jotta voidaan estää mahdolliset tahalliset jännitteen kytkeytymiset suurjännitelaitteistoon. Tämän jälkeen oppilaat voivat mennä suurjännitetilään ja kytkeä keskuselta jännitteet pois ja tehdä työmaadoituksen.

7.3 Oskilloskooppi

Viimeinen suurjännitelaboratorion opetusvideo keskittyi tilassa käytettävään oskilloskooppiin ja siihen liittyviin huomioitaviin asioihin. Mittaustilassa oli käytössä Agilent DSO1012A oskilloskooppi (KUVA 42). Tärkeimpänä asiana oli mittapään kertoimen asettaminen oikeaksi, koska se oli aiheuttanut monien raportteihin vääriä mittaustuloksia. Video kuvattiin suurjännitelaboratorion mittaustilassa ja kuvakulmana käytettiin taas käyttäjän näkymää.



KUVA 42. Suurjännitetilän oskilloskoopin opetusvideon kuvakulma

Suurjännitelaboratorion oskilloskoopin opetusvideo noudatti samaa esittämisjärjestystä kuin Agilentin soveltavan käytön opetusvideo. Ainoa eroavaisuus oli mittajohtimien vaimennuskertoimen asettelu. Kertoimeksi asetettiin x100, koska mittajohtimessa on satakertainen vaimennus suojaamassa oskilloskooppia kytkennässä olevalta jännitteeltä. Videolla näytettiin oskilloskoopin asettelu mittausta varten ja suoritettiin kyseinen mittausta. Tämän jälkeen oli suurjännitelaboratorion mittaustilan oskilloskoopin käytön opetusvideo valmis. Videolla ei tullut mitään uutta asiaa verrattuna Agilentin edellisiin videoihin, mutta tärkeää oli videosta muistaa vaimennuskertoimen asettelu.

8 POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorioon digitaalista opetusmateriaalia. Lopullisena tuotoksena saatiin tuotettua kahdeksan eri videota liittyen kolmeen pääaiheeseen. Jokaisessa aiheesta tuotetut videot onnistuivat hyvin ja toivottavasti niitä pystytään käyttämään opetuksen apuna.

Työssä tehtiin kahdelle oskilloskoopille, Agilent DSO1012A:lle ja Fluke 123:lle, videomateriaalia. Molemmille oskilloskoopeille tehtiin samat kytkennät. Tällä pystyttiin takaamaan katselijan keskittyminen olennaiseen eli laitteen käytön opetteluun. Oskilloskoopeilla tehtiin videoissa RC-kytkentä, josta mitattiin kondensaattorin ja vastuksen yli olevaa jännitettä (KUVA 25 ja 26). Molemmissa tapauksissa jännitteiden käyrät vastasivat teoriassa esitettyjä käyriä (KUVA 1 ja 2). Lisäksi alkuarvoilla laskettujen aikavakioiden ja jännitteiden arvot olivat lähellä videoilla saatujen mittaustulosten kanssa. Tällä pystytään todistamaan, että tehdyillä kytkennöillä saa ainakin oikeita mittaustuloksia.

Yksivaihekytkennän osalta saatiin kuvattua videomateriaali yhden videon verran. Videossa pystyttiin näyttämään kaikki tarvittavat osat mittauksen tekemisestä kuten oikea kytkennän tekemisjärjestys, johdin värit ja mittareiden oikeat kytkemiset. Videolla nähdystä kytkennästä otettiin mittaustulokset muistiin ja vertailtiin niitä teoriassa esitettyihin asioihin. Yksivaihekytkennän osalta mittaustulokset ja lasketut tulokset poikkesivat toisistaan aika paljon. Tämä voi johtua passiivisten komponenttien kulumisesta, jolloin ne voivat tuottaa häviöitä kytkentään. Lisäksi kytkennän tehokerroin ei vastannut sarjaresonansipiirin teoreettista lukemaa. Ilmiö voitiin nähdä hyvin Fluke 123 näyttämästä jännitteen ja virranaaltomuodosta..

Suurjännitelaboratorioon liittyen tehtiin kolme opetusvideota. Työmaadoituksen osalta saatiin tehtyä onnistunut kokonaisuus, jossa ilmeni hyvin kuinka työmaadoitus tehdään ja poistetaan koestuslaitteesta. Myös ohjaus- ja mittalaitteistosta sekä mittaustilassa olevasta oskilloskoopista saatiin tehtyä onnistuneet videokokonaisuudet. Suurjännitelaboratorioon liittyen videoista voi olla paljon hyötyä tulevaisuudessa. Tilassa tehdään vain muutama laboratoriotyö. Tällöin laitteistojen käyttäminen ja työskentelytavat voivat helposti unohtua opiskelijalta, joten videomateriaaleista voi nopeasti kerrata vaikkapa ohjauslaitteen käyttämisen.

Opetusvideot olivat uusi kokeilu TAMK:n sähkölaboratoriossa. Videoilla pyrittiin helpottamaan opettajien työtaakkaa työtuntien vähentyessä. Tulevaisuudessa pystytään toteuttamaan muiden toimesta uusia opetusvideoita sähkölaboratorioon. Opetusvideoilla tuodaan sähkölaboratorio lähemmäs nykyajan trendiä, jossa suurimmaksi osaksi opetus tuotetaan digitaalisilla opetusmateriaaleilla.

Työ onnistui videoiden osalta hyvin, mutta opinnäytetyön tekstiosuutta olisi voinut hioa vielä enemmän. Kytkennät ja mittalaitteet olivat tuttuja opiskeluvuosien ajalta, joten opinnäytetyön hankalimmaksi osuudeksi muodostui videoiden tekeminen. Videoille oli hankala saada tuotettua selkeää ja opettavaista materiaalia, mutta loppujen lopuksi videoista saatiin toteutettua ymmärrettäviä kokonaisuuksia. Työ oli kokonaisuutena mielenkiintoinen.

LÄHTEET

Ahoranta, J. 2015. Sähkötekniikka. 14. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Aura, L. Tonteri, A. J. 2009. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. WSOYpro Oy.

Electronics Tutorials. 2016. RC Charging Circuit. Luettu 20.05.2016
http://www.electronics-tutorials.ws/rc/rc_1.html

Electronics Tutorials. 2016. RC Discharging Circuit. Luettu 20.05.2016
http://www.electronics-tutorials.ws/rc/rc_2.html

Hietalahti, L. & Tarkka, P. 2004. Piirianalyysi 2. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lindell, S. 2009. Sähkön pitkä historia. Tampere: Esa Print Oy.

Razer. 2016. Razer Kraken USB Tech Specs. Luettu 23.05.2016
<http://www.razerzone.com/gaming-audio/razer-kraken-usb>

TAMK. 2014. Yksivaiheinen vaihtosähköpiiri, sarjakytKentä. Sähkölaboratorio-ohje. Sähkö- ja automaatiotekniikan peruslaboraatiot. TAMK.

Yli-Rämi, H. 2014. KytKentäilmiöt tasasähköpiirissä. Sähkölaboratorio-ohje. Sähkö- ja automaatiotekniikan peruslaboraatiot. TAMK.